

Matleena Sirkiä

Led-valaistuksen huolto ja kunnossapito rautatiealueiden matkustaja-alueilla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

14.5.2013

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Matleena Sirkiä Led-valaistuksen huolto ja kunnossapito rautatiealueiden matkustaja-alueilla 31 sivua + 6 liitettä 14.5.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	lehtori Tapio Kallasjoki kunnossapitopäällikkö Markku Granlund sähköasiantuntija Mika Saari
<p>Tämä insinöörityö käsittelee led-valaistuksen huoltoa ja kunnossapitoa rautatiealueiden matkustaja-alueilla.</p> <p>Rautatiealueiden valaistussuunnittelu tulee tehdä Ratahallinnon <i>Rautatiealueen valaistusvaatimukset</i> -ohjeen mukaisesti. Suunnitteluvaiheessa huomioidaan valaistuksen alenemakierroin, joka koostuu valituista valaistuslaitteista ja asennusympäristöstä. Valaistuksen tulee säilyä koko elinkaaren ajan suunnittelussa mitoitettulla valaistustasolla. Led-valaisimien alenemakertoimessa on huomioitava myös valaisimen likaantuminen sen elinajan aikana. Led-valaisimien huolto tulee tehdä suunnittelijan sekä valaisinvalmistajien ohjeiden mukaisesti.</p> <p>Insinöörityö oli ajankohtainen Liikenneviraston aloitettua matkustaja-alueiden valaistuksen saneerauksen vuonna 2012. Liikenneviraston projektissa <i>Rautatiealueen valaistussaneeraus osa 1</i> otettiin käyttöön led-tekniikkaa saaden aikaan merkittävää energiansäästöä. Insinöörityössä tarkasteltiin käyttöön otettujen led-valaisimien ja valaistusasennusten vaatimustenmukaisuutta tekemällä valaistusvoimakkuusmittauksia Hiekkaharjun, Hyvinkään ja Tapanilan liikennepaikoilla.</p> <p>Valaistusvoimakkuusmittauksin selvitettiin liikennepaikkojen valaistusasennusten täyttävän valaistussuunnittelussa asetetut arvot, valaistussuosituksia sekä määräykset lähes kaikilta osin. Valaistusvoimakkuusmittauksilla selvitettiin myös led-valaisimien valovirran alenemaa ja valaisimien likaantumista.</p> <p>Insinöörityön tuotoksena syntyi Hyvinkään rautatieaseman valaistuksen huollon seuranta- taulukko. Taulukko auttaa rautatieaseman eri kunnossapitäjiä hahmottamaan ja seuraamaan oman alueensa huollon ja kunnossapidon työtehtävien aikataulua.</p>	
Avainsanat	led, valaistus, rautatie

Author Title	Matleena Sirkiä Maintenance of Led Light Sources in Railway Station Passenger Areas
Number of Pages Date	31 pages + 6 appendices 14 May 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Tapio Kallasjoki, Senior Lecturer Markku Granlund, Maintenance Manager Mika Saari, Electrical Expert
<p>This Bachelor's thesis handles maintenance of led light sources in railway station passenger areas.</p> <p>The instructions of Ratahallinto must be followed in lighting designs of railway station areas. The light loss factor, that consists of lighting equipment and installation environment, has to be observed at the design stage. Lighting has to maintain the same level of illumination through lighting life cycle, as set in the design stage. Also pollution has to be observed in lumen maintenance. Maintenance of led light sources must be done following the instructions of the lighting designer and the manufacturer.</p> <p>The Finnish transport agency began lighting renovation in railway station passenger areas in 2012. In this thesis, the led lighting of railway stations in Hiekkaharju, Hyvinkää and Tapanila was observed and measured. Railway station areas were tested with illuminance metering and it was found that recommended parameters and standards were almost fulfilled. Lumen maintenance and pollution of led light sources were also tested with illuminance metering.</p> <p>As an outcome of this thesis, maintenance monitoring table for Hyvinkää railway station was created. This table helps the railway station's maintenance staff to follow the service and maintenance work schedule of their own area.</p>	
Keywords	led, lighting, railway

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

Käsitteet

1	Johdanto	1
2	Ledien etuja ja haasteita	2
2.1	Ledien värintoistoindeksi	3
2.2	Ledien valontuotto ja valotehokkuus	3
2.3	Ledien pieni energiankulutus	4
2.4	Ledien lämpenemisen haasteet	5
2.5	Ledien korkea elinikä	5
3	Valaistus rautatiealueella	6
3.1	Ratapihojen luokittelu	6
3.2	Valaistusvaatimukset	7
3.3	Liikennepaikkojen valaistussaneeraus	9
3.4	Valaistuksen mittaaminen rautatiealueella	11
3.4.1	Valaistusmittaukset pylväsvalaistusalueella	12
3.4.2	Valaistusmittaukset katos- ja tunnelialueilla	12
3.5	Led-valaistuksen vaatimustenmukaisuusmittaukset	12
3.5.1	Hyvinkään rautatieaseman valaistusmittaukset	15
3.5.2	Hiekkaharjun rautatieaseman valaistusmittaukset	16
3.5.3	Tapanilan rautatieaseman valaistusmittaukset	18
4	Huollon ja kunnossapidon tavoitteet	19
4.1	Huollon tehtävät	19
4.2	Kunnossapidon tehtävät	19
4.3	Valaistushuolto	20
4.3.1	Lamppujen valovirran pieneneminen	20
4.3.2	Lamppujen loppuunpalamisikä ja hyötypolttoikä	20
4.3.3	Valaisimien ja lamppujen likaantuminen	21
4.3.4	Valaisimien kestävyys ja vanheneminen	21

4.3.5	Valaistuksen alenemakerroin	22
4.3.6	Ympäristön lämpötila	22
4.3.7	Led-valaistuksen vaihdettavuus ja huollettavuus	22
5	Valaistuksen huolto ja kunnossapito rautatiealueella	23
5.1	Valaistuksen huoltosuunnitelma	23
5.2	Valaistuksen huoltotoimenpiteet	24
5.2.1	Valonlähteiden ryhmävaihto	25
5.2.2	Valonlähteiden yksittäisvaihdot	25
5.2.3	Valonlähteiden ja valaisimien puhdistaminen	25
5.3	Hyvinkään rautatieaseman valaistuksen huolto	26
6	Yhteenveto	28
	Lähteet	30
	Liitteet	
	Liite 1. Hiekkaharjun rautatieaseman valaistusvoimakkuusmittaus 1	
	Liite 2. Hiekkaharjun rautatieaseman valaistusvoimakkuusmittaus 2	
	Liite 3. Hyvinkään rautatieaseman valaistusvoimakkuusmittaus 1	
	Liite 4. Hyvinkään rautatieaseman valaistusvoimakkuusmittaus 2	
	Liite 5. Tapanilan rautatieaseman valaistusvoimakkuusmittaus 1	
	Liite 6. Tapanilan rautatieaseman valaistusvoimakkuusmittaus 2	

Käsitteet

EuP-direktiivi	EuP-direktiivi eli EcoDesign-direktiivi (2009/245/EY), on puitedirektiivi energiaa käyttävien tuotteiden ekologisen suunnittelun vaatimuksista. Sen nojalla annetaan tuoteryhmäkohtaisia täytäntöönpanosäädöksiä, joissa määritellään tarkemmin tuotesuunnittelun ympäristövaatimukset. Voimaan astuttuaan vaatimukset koskevat kaikkia EU:n jäsenmaita ilman kansallista lainsäädäntöä.
Huolto	Huolto sisältää ne tekniset ja hallinnolliset toimenpiteet, joilla kohde pidetään käyttö- tai toimintakunnossa. Huoltolajeja ovat mm. ehkäisevä huolto, korjaava huolto ja määräaikaishuolto.
Häikäisy	Häikäisy on näköolosuhde, jossa aiheutuu epämukavuutta näkemisessä tai yksityiskohtien näkeminen vaikeutuu. Häikäisyä syntyy, kun näkökentän luminanssijakauma tai -määrä on sopimaton tai muuttuu liian nopeasti. Liian voimakkaat kontrastit aiheuttavat myös häikäisyä.
Kunnossapito	Kunnossapidolla tarkoitetaan toistuvia toimenpiteitä, joiden tarkoituksena on korjaamalla tai uusimalla säilyttää kohde ja siihen kuuluvat laitteet ja varusteet alkuperäistä kuntoa vastaavassa tilassa.
Kunnossapitojakso	Kunnossapitojaksolla tarkoitetaan aikaväliä, jonka jälkeen tietty kunnossapitotoimenpide toistetaan tai kunnossapitokohde on tarkoituksenmukaista korvata uudella. Kunnossapitojakso kuvaa aikaa, jolloin kunnossapitokohde täyttää sille asetetut toimivuusvaatimukset.
Led	Led on valoa säteilevä puolijohdekomponentti.
Led-lamppu	Led-lamppu on led-moduulin, liitäntälaitteen ja lampun kannan muodostama kokonaisuus.

Led-moduuli	Led-moduuli sisältää ledin tai ledien lisäksi optisia, mekaanisia, sähköisiä tai elektronisia komponentteja.
Led-valaisin	Led-valaisin koostuu led-moduulista ja liitäntälaitteesta ja tämä yhdistelmä voidaan liittää sähköverkkoon.
Valaistusvoimakkuus	Valaistusvoimakkuus määrittelee määrätyle pinnalle kaikista suunnista tulevan valovirran määrän pinta-alayksikköä kohden. Valaistusvoimakkuuden tunnus on E, ja yksikkö on luksi (lx).
Valovirta	Valovirta on lampun lähettämä säteilyteho, jota on painotettu tappisolujen suhteellisella silmänherkkyysluvulla. Valovirran tunnus on Φ , ja yksikkö on lumen (lm).
Valovoima	Valovoima kuvaa, miten suuren osan valovirrasta valaisin lähettää määrättyyn suuntaan. Valovoiman tunnus on I ja yksikkö on kandela (cd).
Väriämpötila	Väriämpötilalla tarkoitetaan väri lähteen väriämpötilaa. Väriämpötilan yksikkö on kelvin (K).
Värintoisto	Värintoistolla tarkoitetaan väri lähteen kykyä toistaa värit luonnollisina. Värintoistoindeksin tunnus on R_a ja sen arvo vaihtelee 0 - 100.

1 Johdanto

Tässä insinööriyössä tarkastellaan led-valaistuksen huoltoa ja kunnossapitoa rautatiealueiden matkustaja-alueilla. Työssä esitellään kunnossapitäjille suunnattu valaistus-huollon seurantataulukko matkustaja-alueen valaistuksesta, joka tehtiin helpottamaan valaistuksen huollon ja kunnossapidon seurantaa.

Energiatehokkuusdirektiivillä pyritään vähentämään valaistuksen energiankulutusta. Direktiivillä kielletään vaihteittain heikosti valoa tuottavien valonlähteiden myynti. Ulkovalaistuksessa paljon käytettyjen elohopealamppujen myynti kielletään EU-alueella 13.4.2015 lähtien. Ongelmana elohopealamppujen poistumisessa on se, ettei elohopealamppua voi suoraan korvata toisella tavanomaisella suurpaineisella purkauslampulla, sillä suurpaineiset purkauslamput tarvitsevat ulkoisen sytyttimen. Tästä syystä koko valaisin on vaihdettava.

Suuri osa rautatiealueiden matkustaja-alueiden valaistuksesta on toteutettu elohopealamppuvalaisimilla. EuP-direktiivin vuoksi Liikennevirasto on aloittanut rautatiealueiden valaistuksen saneeraamisen ja käynnisti projektin *Rautatiealueen valaistussaneeraus osa 1* vuonna 2012. Projektissa oli tarkoituksena saada aikaan merkittävää energiansäästöä vaihtamalla elohopealamppu-valaisimet energiatehokkaampiin vaihtoehtoihin. Lisäksi projektissa oli tarkoituksena ottaa käyttöön uutta led-valonlähteisiin pohjautuvaa valaistustekniikkaa. Valaistussaneerauksen ensimmäisen osan urakkaan kuuluivat pääradan rataosan 1102 liikennepaikoista Hiekkaharju, Hyvinkää, Jokela, Puistola, Pukinmäki ja Tapanila.

Led-tekniikan huima kehitys viime vuosina on mahdollistanut led-valaisimien käytön myös rautatiealueella. Kun yhdistetään led-valaistuksen energiansäästö ja ledien pitkä käyttöikä, niin valaistusasennuksen elinkaaren aikana säästöt ovat merkittävät. Vaihto- ja huoltotyö on merkittävä kustannustekijä valaistuksen elinkaaren aikana. Tämän kustannuksen pienentyminen tekee led-tekniikasta varteenotettavan vaihtoehdon myös rautatiealueen valaistukseen.

Valaistushuollolla pyritään huolehtimaan siitä, että valon määrä ja laatu pysyvät riittävinä ja että valaisinlaitteet pysyvät toimintakäkyisinä. Säännöllisellä valaistushuollolla mahdollistetaan valaistustason säilyminen valaistuksen koko elinkaaren ajan rakennussuunnitelmassa mitoitettulla tasolla.

2 Ledien etuja ja haasteita

Led (engl. Light Emitting Diode) tarkoittaa valoa säteilevää diodia eli loistediodia. Diodi on puolijohdekomponentti, joka muuntaa sähköenergian valoksi.

Diodi on normaalisti kaksiosainen kide, jonka toinen osa on N-tyypin ja toinen P-tyypin puolijohdetta. N-tyypin puolijohdeeseen on seostamalla tuotu ylimääräisiä elektroneja. P-tyypin puolijohdeeseen on seostamalla saatu aikaan aukkoja, joista puuttuu elektroneja. Tällöin nämä aukot toimivat positiivisina varauksenkuljettajina. Näiden N- ja P-tyyppisten puolijohdeiden yhteistä kosketuspintaa kutsutaan rajakerrokseksi tai PN-liitokseksi. Liitoskohdassa elektroniaukot ja elektronit yhdistyvät. Yhdistymisen seurauksena elektroni siirtyy alemmalle energiatasolle, jolloin vapautuu energiaa. Osa energiasta emittoituu valoksi, ja osa vapautuu värähtelynä ympäröiviin atomeihin, jolloin syntyy lämpöenergiaa.

Ledejä käytettiin pitkään lähes yksinomaan laitteiden merkkivaloina ja näyttötauluissa, mutta viime vuosina ledit ovat yleistyneet myös valaistuskäytössä. Tämän ovat mahdollistaneet entistä valovoimaisempien ledien kehittyminen ja valkoista valoa säteilevän ledin keksiminen. Merkkivalokäytössä olevat ledit ovat pieniä radiaaliledejä, joiden ohjausvirta on alle 100 mA.

Valaistuskäytössä käytetään yleensä niin sanottuja 1 - 3 W:n teholedejä, joiden ohjausvirta on vähintään 350 mA. Teholedit ovat yleensä pintaliitosledejä, jolloin niistä voidaan helposti valmistaa erilaisia moduuleja. Ledin valmistusmateriaali määrää komponentin lähettämän valon aallonpituuden, jota voidaan edelleen muokata ledin pintaan lisätyillä kalvoilla ja pinnoitteilla. Valon väri määräytyy valon aallonpituudesta, ja yleensä ledeillä tämä aallonpituusalue on hyvin kapea, tällöin värit näkyvät hyvin puhtaina. [Howard ym. 2011: 94 - 95; Kletschke: 18 - 21; Lenk & Lenk 2011: 1 - 3; Tetri 2010: 3 - 4.]

2.1 Ledien värintoistoindeksi

Valovirran ja värilämpötilan lisäksi värintoistoindeksi vaikuttaa käyttäjän kokeman valaistuksen laatuun. Yksi ledien ongelmista valaisinkäytössä on värintoisto-ominaisuudessa, sillä ne eivät näytä kaikkia valaisemiaan kohteita luonnollisen värisinä. Valaistustarkoituksiin tulisi käyttää valkoista väriä tuottavia ledejä. Valkoisen valon tuottamiseen tarvitaan kaikkia valon aallonpituuksia, mutta ledin tuottama spektri on normaalisti hyvin kapea.

Valkoisen valon ledejä voidaan valmistaa usealla eri tavalla. Yleisin tapa on päällystää sininen led fluoresoivalla loisteaineella, jolloin se toimii melko samalla tavalla kuin fluoresoiva lamppu. Tämän menetelmän etuina ovat tiiviys, yksi virtalähde ja korkea värintoistoindeksi, jotka johtuvat loisteaineen laajasta emissiospektristä. Valkoista led-valoa voidaan tuottaa myös sekoittamalla värillisiä ledejä. RGB-ledien spektriin piikit esiintyvät punaisen, vihreän ja sinisen alueilla, minkä vuoksi RGB-ledien valkoinen valo ei ole värintoistokyvyltään hyvä (R_a noin 80). Tällä menetelmällä voidaan saavuttaa erittäin korkea hyötysuhde kulutetun sähkötehon ja tuotetun valon määrän välille.

Valkoisia ledejä on tarjolla värilämpötilaltaan erilaisia. Valkoinen valo jaetaan usein ryhmiin lämmin ($< 3\,500\text{ K}$), neutraali ($\sim 4\,000\text{ K}$) ja kylmä ($> 4\,500\text{ K}$). Kylmää valkoista valoa tuottavalla ledillä saavutetaan paras valotehokkuus. [Halldén 2011: 25; Jahkonen 2011: 18 - 19; Kletschke: 18 - 19; Lenk & Lenk 2011: 3 - 4, 37 - 39; Mottier 2009: 15 - 18; ST 57.52 2008: 2.]

2.2 Ledien valontuotto ja valotehokkuus

Merkkivalosovelluksiin tuotetut, halkaisijaltaan 5 mm:n ledit tuottavat vain noin 2 - 4 lm valovirran. Näiden pienteholedien tehonkulutus on vastaavasti myös pieni, noin 0,1 W. Valaistustarkoituksiin niiden valovirta ei ole riittävä. Pienteholedien rinnalle kehitettyjen suurteholedien valontuotto on kymmeniä, jopa satoja lumeneita. Erilaisten lamppujen hyötysuhteita on mahdollista verrata toisiinsa tarkastelemalla niiden valotehokkuutta. Valotehokkuus tulisi ilmaista koko valaisimen osalta, sisältäen liitäntälaitteen, mutta monet valmistajat ilmoittavat pelkän lampun kuluttaman tehon ja saavat näin korkeampia valotehokkuuslukemia valaisimilleen.

Yleensä ledin valovirta mitataan 20 ms:n virtapulssilla, jolloin ledin liitoslämpötila on 25 °C. Valaisimessa led palaa kuitenkin jatkuvasti, jolloin ledin liitoslämpötila nousee valaisimen asennustavasta ja rakenteesta riippuen arviolta 5 - 20 %. Ledin virtalähde pienentää valotehokkuutta noin 10 - 30 % ja optiset häviöt noin 15 - 40 %. [Kallasjoki 2012: 67.]

Hehkulampun valotehokkuus on noin 12 lm/W, halogeenilampun noin 20 lm/W, loistelampun 60 - 100 lm/W, suurpainenatriumlampun 80 - 130 lm/W ja monimetallilampun 70 - 115 lm/W. Laboratorio-olosuhteissa on valkoisella ledillä saavutettu yli 200 lm/W valotehokkuus. Kaupallisten ledien valotehokkuus on huomattavasti pienempi, suurimmillaan noin 100 lm/W. Valotehokkuuksien välinen suuri ero johtuu siitä, että laboratoriossa valovirta mitataan lyhyellä pienellä virtapulssilla, kun normaalisti ledejä syötetään jatkuvalla korkeammalla virralla, jolloin ne lämpiävät, ja valontuotto laskee. Valkoisen valon teoreettinen valotehokkuusmaksimi on noin 400 lm/W ja kellanvihreän valon (555 nm) maksimi on 683 lm/W. Näihin teoreettisiin maksimeihin ei kuitenkaan koskaan päästä lampun valotehokkuutta pienentävien häviöiden vuoksi. [Jahkonen 2011: 18 - 19; ST 57.52 2008: 2; Tetri ym. 2011: 8; Tetri 2012: 3.]

2.3 Ledien pieni energiankulutus

Ledien yhtenä etuna muihin valonlähteisiin verrattuna on pieni energiankulutus. Yksittäisen ledin energiankulutus on minimaalinen verrattuna muuhun yksittäiseen valonlähteeseen. Suuren valovirran tuottamiseen tarvitaan useita yksittäisiä ledejä tai led-moduuli, jolloin kokonaisenergiankulutus kasvaa.

Energiankulutukseen vaikuttaa keskeisesti kyseiseen kohteeseen sopivimman ledin valinta, sen käyttäminen energiatehokkaasti sekä tuotteen mekaaninen rakenne. Ledin energiatehokkuus on sitä parempi mitä pienemmällä virralla ledejä käytetään ja mitä kylmempänä led-komponentti toimii.

Led-valaistuksella voidaan saada huomattavia energiansäästöjä. Säästöjen suuruuteen vaikuttaa kuitenkin oleellisesti kohde, valaistustapa sekä valaistuksen säädettävyyden ja ohjattavuus. Valaisimia tulisi pystyä säätämään valoisuuden ja liikennemäärän mukaan. Valaistuksen ohjaus voidaan toteuttaa paikallisesti hämäräkytkimillä ja kellolaittein. [Halldén 2011: 24.]

2.4 Ledien lämpenemisen haasteet

Ledien puolijohdeliitoksen lämpenemisellä on vaikutusta valovirtaan, värilämpötilaan, värintoistoon, valontuottoon ja elinikään. Ledien valmistaja ilmoittaa ledien tekniset ominaisuudet yleensä 25 °C:n lämpötilassa. Jos tästä poiketaan, muuttuvat samalla ledin valovirta, valontuotto ja elinikä. Myös led-valon aallonpituuden huippu muuttuu lämpötilan funktiona, eli värintoisto ja värilämpötila muuttuvat.

Suurin osa (70 - 80 %) ledien käyttämästä energiasta muuttuu lämpöenergiaksi. Tämä lämpöenergia pitäisi saada johdettua pois led-sirusta. Ledien lämmönhallinnasta huolehtiminen on tärkeää, sillä ledit ovat sitä luotettavampia ja energiatehokkaampia, mitä kylmempänä ne toimivat. Yhtenä jäähdytyksen ongelmana on se, että ledit ovat pienikokoisia, mutta jäähdytystä varten on kuitenkin oltava suurikokoinen jäähdytyselementti, jolloin valaisimesta tulee kookas. Ledin itse kehittämän lämmön lisäksi ympäristön lämpötila tulisi huomioida. [Kletschke: 25; Lenk & Lenk 2011: 62 - 66, 71 - 80, 192.]

2.5 Ledien korkea elinikä

Ledien yhtenä suurimmista eduista pidetään korkeaa elinikää verrattuna muihin valonlähteisiin. Ledien elinikää ei voida määrittää samoin kuin perinteisten valonlähteiden sillä perinteiset valonlähteet sammuvat kokonaan elinikänsä lopuksi, mutta ledit eivät pala loppuun, vaan säteilevät valoa yli 100 000 tunnin polttoian jälkeenkin jonkin verran.

Laadukkaan, valkoista valoa tuottavan ledin elinikäodote on yleensä noin 50 000 tuntia. Osa ledien valmistajista ilmoittaa tuotteidensa tuottavan vielä 100 000 tunnin polttoian jälkeen vaaditun 70 % alkuperäisestä valontuotosta. Ledien elinikä ilmoitetaan usein ns. L70-arvona, jolloin ledien valovirta on alentunut 30 %. Monesti led-valaisimien valmistajat eivät ota kantaa led-valaisimien liitälaitteiden elinikään. Led-valaisimien toiminta saattaaakin loppua liitälaitteiden hajoamiseen, vaikka itse ledillä olisi vielä polttoikää jäljellä.

Ledien liitoslämpötilan nousu lyhentää ledien elinikää nopeasti, 10 asteen liitoslämpötilan nousu puolittaa ledin eliniän. Ledin syöttövirta vaikuttaa sekä tuotettuun valovirtaan että lämpötilaan, joten se vaikuttaa myös ledin elinikään. [Jahkonen 2011: 18 - 19; Kletschke: 20; Lenk & Lenk 2011: 66 - 69, 193; Mottier 2009: 19 - 20; Rudberg & Klinge 2009: 46; ST 57.52 2008: 3.]

3 Valaistus rautatiealueella

Pääjunaradan rataosan Pasila-Riihimäki (1102) matkustaja-alueiden valaistuksessa on käytetty pääosin kaasupurkauslamppuvalaisimia. Avolaitureiden valaistuksessa on käytetty suurimmaksi osin 8 metrin pylväsvalaisimia ja 70 - 250 watin elohopea- ja suurpainenatriumlamppuja. Laiturikatokset on valaistu katoksien kattopintoihin asennettavilla valaisimilla, joissa on käytetty pääosin 70 - 250 watin elohopealamppuja. Portaiden ja tunneleiden valaistuksessa on käytetty kattoon tai seinään asennettavia elohopealamppu- tai loisteputkivalaisimia.

3.1 Ratapihojen luokittelu

Ratapiha-alueet luokitellaan kolmeen erilaiseen ryhmään, matkustaja-alueet, ratapihojen kuormausalueet sekä ratapihojen seisonta- ja huoltoraiteet ja vaihtotyöalueet. Alueiden valaistuksilla on jokaisella omat tarpeet ja valaistusvaatimukset.

Matkustaja-alueella valaistuksen tulisi olla opastava ja ohjaava. Valaistuksen tulee turvata matkustajien turvallisuus ja viihtyvyys. Toteutuksessa tulee huomioida turvakameroiden asettamat vaatimukset valaistuksen tasaisuudelle ja voimakkuudelle. Lisävalaistusta vaativia kohteita ovat mm. myyntipisteet ja lippujen tarkastuspisteet, joita on yleensä suurilla katetuilla asemilla. Nämä kohteet tulee käsitellä omana kokonaisuutenaan valaistussuunnittelussa. Matkustaja-alueiden valaistuksessa tulee huomioida myös Euroopan unionin komission päätöksen (2008/164/EY) *liikuntarajoitteisia henkilöitä* Euroopan laajuisessa tavanomaisessa ja suurten nopeuksien rautatiejärjestelmässä koskevasta yhteentoimivuuden teknisestä eritelmästä (YTE) valaistusta koskevat määräykset.

Ratapihojen kuormausalueella valaistuksella taataan työturvallisuus ja lisätään työn tuottavuutta. Kuormausalueet voivat olla ratapihan reunassa olevia lastausraiteita tai pistemäisiä alueita. Valaistuksella mahdollistetaan raidekaluston normaalit käyttötoimenpiteet, pyöräkaluston turvallinen liikkuminen ja henkilökunnan työturvallisuus. Kuormaajissa on lisäksi kuormausta helpottavat työskentelyvalot.

Seisonta- ja huoltoraiteet sekä vaihtotyöalueet on tarkoitettu junien kokoamiseen ja vaunujen säilyttämiseen. Valaistuksen tulee turvata ratahenkilökunnan turvallinen liikkuminen ja mahdollistaa heidän suorittamat käyttötoimenpiteet alueella. Osa käyttötoimenpiteistä vaatii myös vertikaalisen valaistusvoimakkuuden huomioimista. Hyvällä valaistuksella taataan ratahenkilökunnan työturvallisuus, lisätään työn tuottavuutta ja mahdollistetaan raitinfran huoltotoimien suorittaminen. [Rautatiealueen valaistusvaatimukset 2009: 4 - 5.]

3.2 Valaistusvaatimukset

Valaistuksen suunnittelun lähtökohtana on standardien ja vaatimusten mukaisen valaistustason saavuttaminen. Valaistusratkaisun tulee olla energiataloudellisesti optimaalinen ja täyttää kaikki Ratahallintokeskuksen laatiman *Rautatiealueen valaistusvaatimukset* -ohjeessa asetetut valaistusvaatimukset. Valaistusvaatimuskriteerit ovat CEN-standardin SFS-EN-12464-2 *Ulkotyöalueiden valaistussuositukset* mukaiset.

Rautatiealueen valaistusvaatimukset -ohjeessa on huomioitu myös Liikenteen turvallisuusviraston antama määräys TRAFI/18099/03.04.02.00/2012, jonka säädöspäätöksenä on Rautatielaki (304/2011) 75 § sekä Euroopan unionin komission päätös (2008/164/EY). Liikenteen turvallisuusviraston määräyksessä on kirjattu yhteentoimivuusdirektiivissä tarkoitettujen yhteentoimivuuden teknisten eritelmien (YTE) asettamat vaatimukset. YTE:n tavoitteena on parantaa rautatieliikenteen saavutettavuutta liikuntarajoitteisille henkilöille. Tavoite kattaa niiden infrastruktuurin julkisten alueiden (mukaan lukien asemat) saavutettavuuden, jotka ovat rautatieyrityksen, infrastruktuurin haltijan tai aseman haltijan hallinnassa.

Matkustaja-alueen valaistusvaatimukset esitetään taulukossa 1 (ks. seur. s.). Valaistusvoimakkuudet ovat keskimääräisiä, ja niiden laskennassa tulee huomioida alenemakertoimet.

Taulukko 1. Matkustaja-alueiden valaistusvaatimukset

	E_m hor	U_o min/av	U_d max/min	GR_{av}	GR_{max}	R_a
Avoimet asemalaiturit						
pienet asemat	10	0,25	8	40	50	20
keskisuuret asemat (vilkas toiminta)	20	0,4	5	40	45	60
	50	0,4	4	40	45	60
suuret asemat	50	0,4	4	40	45	60
Katetut asemalaiturit						
pienet asemat	20	0,4	5	35	50	60
keskisuuret asemat	50	0,5	3	35	40	60
suuret asemat	100	0,5	3	30	35	80
Asematunnelit						
keskisuuret ja suuret asemat	100	0,5				60
Portaat ulkona						
pienet asemat	30	0,4	5	35	45	20
keskisuuret ja suuret asemat	50	0,5	5	35	45	60
Kävelytiet (K-luokkien mukaisesti)						
pienet asemat	5					20
keskisuuret ja suuret asemat	10					20
pysäköintialueet	10	0,4	5			20

Valaistussuunnittelua tehtäessä tulee huomioida alenemakerroin, joka koostuu valituista valaistuslaitteista ja asennusympäristöstä. Alenemakertoimet erityyppisille lamppuille ja valaisimille asennusympäristössään esitetään taulukossa 2. Valaistustason tulee säilyä valaistuksen koko elinkaaren. Taulukon 2 alenemakertoimissa on huomioitu lamppujen ryhmävaihtoväli ja perushuoltotoimenpiteet, kuten lampunvaihdot, valaisimien pesut, rikkoutuneiden komponenttien vaihdot ja suuntauksen tarkistukset.

Taulukko 2. Erityyppisten lamppujen alenemakertoimet asennusympäristöissään [Rautatiealueen valaistusvaatimukset 2009: 10.]

Lamppu	Ympäristön saasteisuus			Ryhmävaihtoväli
	Vähäinen	Normaali	Runsas	[h]
Sp-Na 100 - 400W	0,85	0,80	0,75	16 000
Sp-Na 50 - 70 ja $\geq 600W$	0,80	0,75	0,70	16 000
QL Induktio	0,70	0,65	0,60	40 000
CPO-TW 90 - 140W	0,75	0,70	0,65	12 000
CPO-TW 45 - 60W	0,70	0,65	0,60	12 000
T8/T5 (pitkäikäinen)	0,80	0,75	0,70	30 000
T8/T5 pakkasputki (pitkäikäinen)	0,85	0,80	0,75	38 000
led	0,70	0,65	0,60	50 000

Suunnittelijan tulee määrittää alueen olosuhdeluokka yhteistyössä tilaajan kanssa, ellei sitä ole annettu ratasuunnitelmassa. Yleisesti ympäristön olosuhteet katsotaan normaaliksi, ellei aluetta voida määrittää selvästä syystä toiseen saasteisuusluokkaan. Esimerkiksi tehtaiden läheisyys saattaa tehdä alueesta runsassaasteisen.

Rata-alueella käytettävien valaisimien tulee olla CE-merkittyjä ja standardin SFS-EN 60598 mukaisesti valmistettuja. Lisäksi valaisimien tulee olla sähkömagneettisilta häiriöiltä suojattuja EU-lain-säädännön EMC-direktiivin (2004/108/EY) mukaisesti. Kaikkien valaisimien tulee olla kyseiseen käyttöön soveltuvia, kotelointiluokaltaan vähintään IP64 ja metallirakenteisia.

Led-valaisimien alenemakertoimessa on otettava huomioon valaisimen likaantuminen sen eliniän aikana. Taulukossa 2 (ks. ed. s.) esitetyt led-valaisimien huoltokertoimet (MF) saadaan kaavalla $MF = LLMF * LSF * LMF$, jossa

LLMF = Lamp Lumen Maintenance Factor eli ledin valovirranalenema -kerroin. Luku saadaan valmistajan ilmoittamasta valovirranalenema-käyrästä 50 000 tunnin polttotunnin kohdalta.

LSF = Lamp Survival Factor eli kuolleisuuserroin. Normaali kuolleisuus on 50 000 tunnin polttotunnin kohdalla noin 10 %, jolloin kuolleisuuserroin on siis 0,9.

LMF = Luminaire's Maintenance Factor eli valaisimen likaantumiskerroin. Likaantumiskertoimeen vaikuttaa valaisimen kotelointiluokitus, valaisimen puhdistusväli sekä ympäristön saasteisuus. Valaisimien kotelointiluokan ollessa IP6X ja puhdistusvälin 5 vuotta; kertoimet ovat 0,8 (saasteisuus runsas), 0,85 (saasteisuus normaali) ja 0,9 (saasteisuus vähäinen). [Technical Report 2003: 3 - 10.]

3.3 Liikennepaikkojen valaistussaneeraus

Elohopealamput sekä niin sanotut korvaavat suurpainenatriumlamput poistetaan markkinoilta 13.4.2015 EuP-direktiivin perusteella. Tämän vuoksi uusia elohopealampulle sopivia valaisimia ei kannata asentaa.

Elohopealamppuja ei voida suoraan korvata muilla valonlähteillä, koska muut suurpaineiset lamput tarvitsevat toimiakseen elektronisen sytytyslaitteen. Tulevaisuudessa ulkovalaistuksen valonlähteinä käytetään mm. monimetalli-, suurpainenatrium-, loiste- ja led-lamppuja.

Liikennevirasto aloitti projektin *Rautatiealueen valaistussaneeraus osa 1* vuonna 2012. Projektin tarkoituksena oli saada aikaan merkittävää energiansäästöä vaihtamalla elohopealamppu-valaisimet energiatehokkaampiin vaihtoehtoihin ja ottaa käyttöön uutta led-valonlähteisiin pohjautuvaa valaistustekniikkaa.

Taulukko 3. Valaistussaneeraus osa 1; liikennepaikkojen lamputyypit, tehot ja määrät

Liikenne- paikka	Asennuspaikka	Saneerattavien valaisimien lukumäärä	Lamppu- tyyppi ja teho	Uusien valaisimien lukumäärä	Lamppu- tyyppi ja teho
Hiekkaharju	Laiturikatos	44	HME-125W	40	LED 19W
	Portaat	6	HME-125W	8	LED 36W
		4	HME-250W	4	LED 76W
Hyvinkää	Avolaituri	3	HME-125W	3	LED 32W
	Asemarakennus	5	HME-50W	1	LED 32W
		2		2	LED 19W
	Portaat	26	HME-80W	14	LED 19W
				10	LED 36W
	Tunneli	26	HME-80W	19	LED 14W
	12	HME-125W	16	LED 28W	
Jokela	Avolaituri	2	HME-125W	34	ST-100W
		34	HME-250W	1	LED 32W
	Tunneli	38	HME-80W		
		23	HME-125E	60	LED 28W
		4	HME-250W	4	LED 42W
Puistola	Laiturikatos	6	HME-80W	42	LED 19W
		69	HME-125W	6	LED 28W
	Portaat	2	HME-125W	2	LED 28W
Pukinmäki	Laiturikatos	84	HME-80W	28	LED 14W
	Portaat	1	HME-80W	56	LED 28W
		22	HME-125W	4	LED 19W
		8	HME-250W	21	LED 28W
				8	LED 42W
Tapanila	Avolaiturit	24	HME-125W	24	ST-70W
	Laiturikatos	68	HME-80W	68	LED 28W
	Ylätasanne	15	HME-125W	11	LED 28W
				4	ST-70W
	Portaat	8	HME-80W		
		16	HME-125W	21	LED 28W
2		HME-250W	2	LED 42W	
Verkosta otettu teho yhteensä			67 579 W		26 352 W

Valaistussaneerauksen ensimmäisen osan urakkaan kuuluivat pääradan rataosan 1102 liikennepaikoista Hiekkaharju, Hyvinkää, Jokela, Puistola, Pukinmäki ja Tapanila. Taulukossa 3 (ks. ed. s.) on esitetty liikennepaikoilla saneerattujen valaisimien määrät ja lampputyypit, uusien valaisimien määrät ja lampputyypit sekä valaisimien tehot. Verkosta otettu teho on pienentynyt 61 %.

3.4 Valaistuksen mittaaminen rautatiealueella

Valaistusvoimakkuusmittauksin tarkistetaan, täyttääkö valaistusasennus lasketut arvot tai onko valaistus suositusten tai määräysten mukainen. Mittauksilla selvitetään myös lamppujen vaihdon, valaisimien puhdistamisen ja muun kunnostamisen tarpeellisuutta ja aikataulua.

Mittauksesta laaditaan raportti, josta tulee löytyä seuraavat tiedot:

- mittauksen suorittajan nimi
- mittauksen suoritusajankohta (pvm ja kellon aika)
- vallitsevat sääolosuhteet sekä selostus alueen valaistusolosuhteista ja mitattavan valaistuksen kunnosta ja puhtaudesta
- kartta mittauspaikasta ja mittauspisteistä, josta selviää mittauspisteiden määrä ja etäisyydet, sekä mittauspaikka.

Valaistuksen mittauspisteet määritellään alueen valaistuslaskennan pisteverkon pohjalta siten, että mittauspisteitä tulee olla vähintään neljännes ($\frac{1}{4}$) valaistuslaskennan pisteverkon pistemäärästä. [Ahponen ym. 1996: 123 - 131; ST 58.07 2005: 6 - 10; Valaistuksen mittaaminen ja arvosteleminen 1978: 22 - 28.]

Valaistuslaskennan pisteverkko tulee luoda laskenta-alueelle CEN-standardin SFS-EN-12464-2 *Ulkotyöalueiden valaistussuositukset* mukaisesti. Valaistuksen pisteverkko määräytyy valaistavan alueen koon mukaan.

Laskettaessa alueen molempien sivujen pistemäärä erikseen saadaan muodostettua laskennan pisteverkko. Laskentapisteen määrä lasketaan alueelle alla olevan kaavan mukaisesti.

$$p = \frac{d}{0,2 * 5^{\log d}}$$

jossa

p = sivun laskentapisteen määrä

d = alueen sivun pituus.

3.4.1 Valaistusmittaukset pylväsvalaistusalueella

Laiturialueen valaistusmittaukset suoritetaan pisimmästä valaisinvälistä, josta mitataan puolikas pylväsväli. Valaistuskalkelmien mukaisesta laskentapisteverkosta joka toinen pitkittäinen piste mitataan. Laiturin leveyssuunnassa mittauspisteitä tulee olla vähintään kolme kappaletta.

3.4.2 Valaistusmittaukset katos- ja tunnelialueilla

Katoksissa ja tunneleissa mitataan 1½ valaisinväliä, tai jos katoksessa tai tunnelissa on yhtenäinen valaistusramppi, esim. loisteputkivalaistus, mitattavan alueen pituus on noin 8 - 16 metriä. Mittauspisteitä tulee olla pitkittäissuunnassa vähintään neljä kappaletta ja poikittaissuunnassa vähintään kolme kappaletta.

3.5 Led-valaistuksen vaatimustenmukaisuusmittaukset

Kaikkia valaistukseen vaikuttavia osatekijöitä ei pystytä mittaamaan kenttäolosuhteissa kovinkaan helposti. Toisaalta perusteellisiin mittauksiin ei ole aina tarkoituksenmukaista pyrkiäkään. Monissa tapauksissa riittävän luotettavaan tulokseen päästään soveltuvien osin suoritettujen mittauksien sekä silmämääräisin tarkastuksin.

Liikenneviraston saneeraamista liikennepaikoista Hiekkaharjun, Hyvinkään ja Tapanilan valaistusasennukset tarkasteltiin valaistuvoimakkuusmittauksilla sekä silmämääräisillä tarkastuksilla osana tätä insinööriyötä. Liikennepaikoille tehtiin valaistusvoimakkuusmittaukset sekä silmämääräiset tarkastukset kaksi kertaa, marraskuussa 2012 ja maaliskuussa 2013.

Valaistusvoimakkuusmittauksilla pyrittiin selvittämään, täyttääkö valaistusasennukset valaistussuunnittelussa lasketut arvot ja ovatko valaistukset suositusten ja määräysten mukaisia. Mittauksilla pyrittiin myös selvittämään valaisimien likaantumista ja puhdistustarvetta.

Valaistusvoimakkuudet mitattiin rakenteiden lattiapintojen tasalta. Mittarina käytettiin Hagner EC1-X, instr. No: 52 500 -luksimittaria, joka on kalibroitu 5.9.2012. Mittari on pienikokoinen, tarkka ja helppokäyttöinen. Valokenno oli kiinnitettynä noin metrin mittaiseen varteeseen, mikä helpotti mittaamista ja tulosten lukemista.



Kuva 1. Hagner EC1-X -valaistusvoimakkuusmittari

Ennen mittausten aloittamista luksimittarin valokennon annettiin olla mitattavassa valaistuksessa niin kauan kunnes mittauslukema ei muuttunut. Mittaukset suoritettiin valonlähteiden ja liitäntälaitteiden saavutettua normaalin toimintalämpötilansa. Ympäristön lämpötilat olivat mittaushetkillä tavanomaiset. Silmämääräisillä tarkastuksilla tarkasteltiin alueen valaisimien toimivuus ja puhtaus mittaajajankohdana.

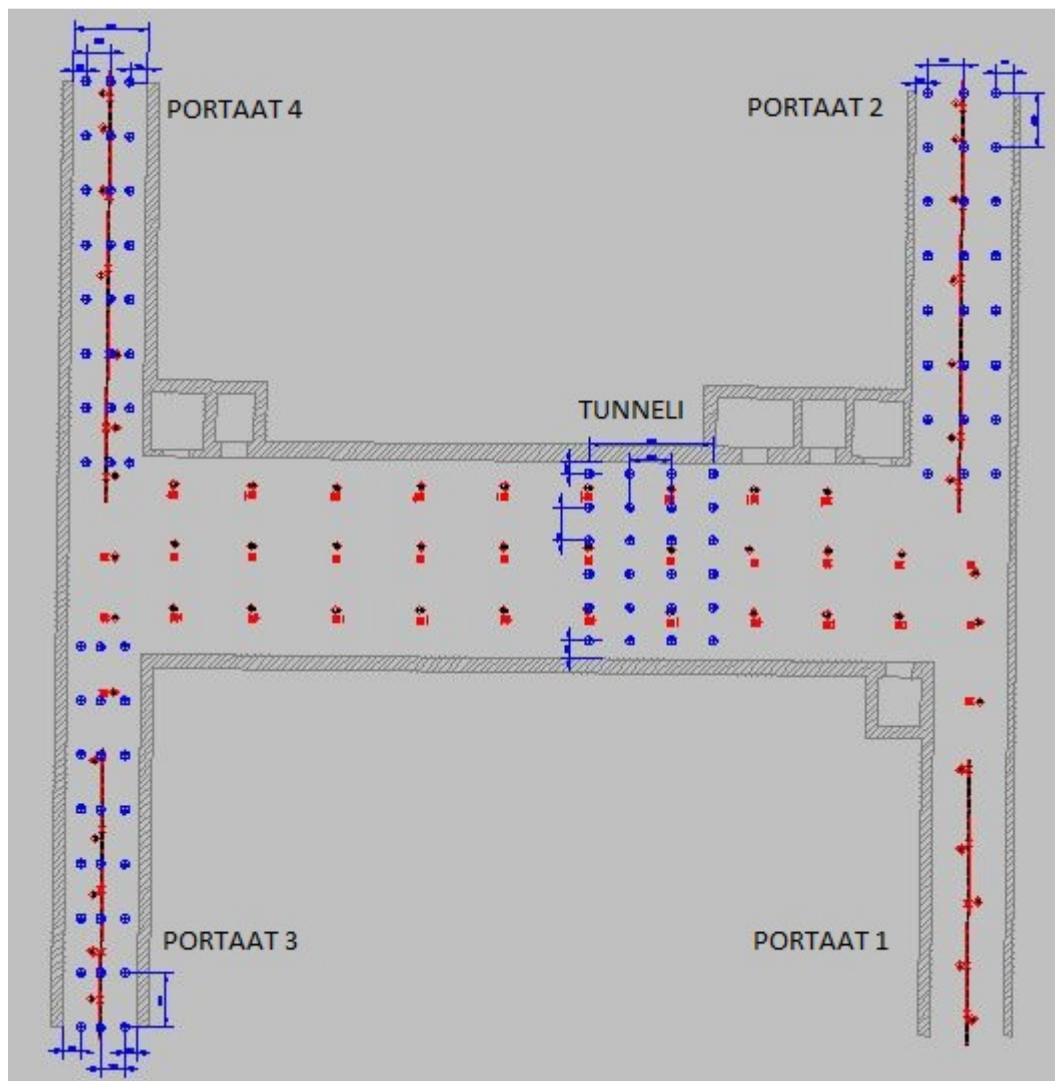
Taulukossa 4 (ks. seur. s.) esitetään Hiekkaharjun, Hyvinkään ja Tapanilan liikennepaikkojen valaisimet, lampputyypit ja -määrät asennuspaikkoineen. Kaikki käytetyt valaisimet ovat moduulivalaisimia. Valaisimien vikaannuttua tai valovirran alennuttua voidaan moduulit vaihtaa ilman että koko valaisin täytyisi vaihtaa.

Taulukko 4. Valaistussaneeraus osa 1; liikennepaikkojen valaisinluettelo

Liikennepaikka	Asennuspaikka	Valaisin	Valaisimen valmistaja	Valonjako	Lamppu	Valovirta [klm]	Väriämpötila [K]	Määrä [kpl]
Hiekka-harju	Laituri-katos	CORUS/16LED	Schreder	1 x LED16 27W/312721	LED 19W	2,0	4 000	40
	Portaat	CORUS/16LED	Schreder	2 x LED16 27W/312721	LED 36W	4,1	4 000	8
		CORUS/16LED	Schreder	4 x LED16 27W/312721	LED 76W	8,2	4 000	4
Hyvinkää	Portaat	CORUS/16LED	Schreder	1 x LED16 27W/312721	LED 19W	2,0	4 000	14
		CORUS/16LED	Schreder	2 x LED16 27W/312721	LED 36W	4,1	4 000	10
	Tunneli	AEC box 1	AEC/Silux	2 x LED 0B SP60 4.3-9	LED 14W	1,6	4 000	19
		AEC box 1	AEC/Silux	1 x LED ST 4.3-9	LED 28W	0,9	4 000	10
		AEC box 1	AEC/Silux	2 x LED 0B S 4.5-9	LED 28W	2,1	4 000	6
Tapanila	Avo-laituri	Delos 2 70W SHP- T P1 + varsi P115-E	AEC/Silux	Pedestrian	ST- 70W	6,6	2 000	24
	Laituri-katos	Delos 1	AEC/Silux	2 x LED ST 4.3-9	LED 28W	1,7	4 000	68
	Ylä-tasanne	AEC box 1	AEC/Silux	2 x LED 0B SP60 4.3-9	LED 28W	1,6	4 000	11
		Delos 2 70W SHP- T P1 + varsi P105-E	AEC/Silux	Pedestrian	ST- 70W	6,6	2 000	4
	Portaat	AEC box 1	AEC/Silux	2 x LED 0B SP60 4.3-9	LED 28W	1,6	4 000	8
		AEC box 2	AEC/Silux	2 x LED 0B SP60 4.3-9	LED 28W	1,6	4 000	13
		AEC box 2	AEC/Silux	3 x LED 0B SP80 4.3-9	LED 42W	2,4	4 000	2

3.5.1 Hyvinkään rautatieaseman valaistusmittaukset

Hyvinkään rautatieaseman tunnelin sekä portaiden valaistusmittaukset suoritettiin 11.11.2012 ja 24.3.2013. Kuvassa 2 esitetään mittaushaikat: portaat 2, portaat 3, portaat 4 ja tunneli, sekä mittaushaikkojen mittaushapisteverkot. Mittaushapistet on kuvassa merkitty sinisillä ympyröillä ja valaisimet punaisilla valaisinsymboleilla. Portaita 1 ei mitattu, sillä portaat 3 ovat rakenteeltaan sekä valaisinasennuksiltaan identtiset.



Kuva 2. Hyvinkään rautatieaseman mittaushapistet ja pisteverkot

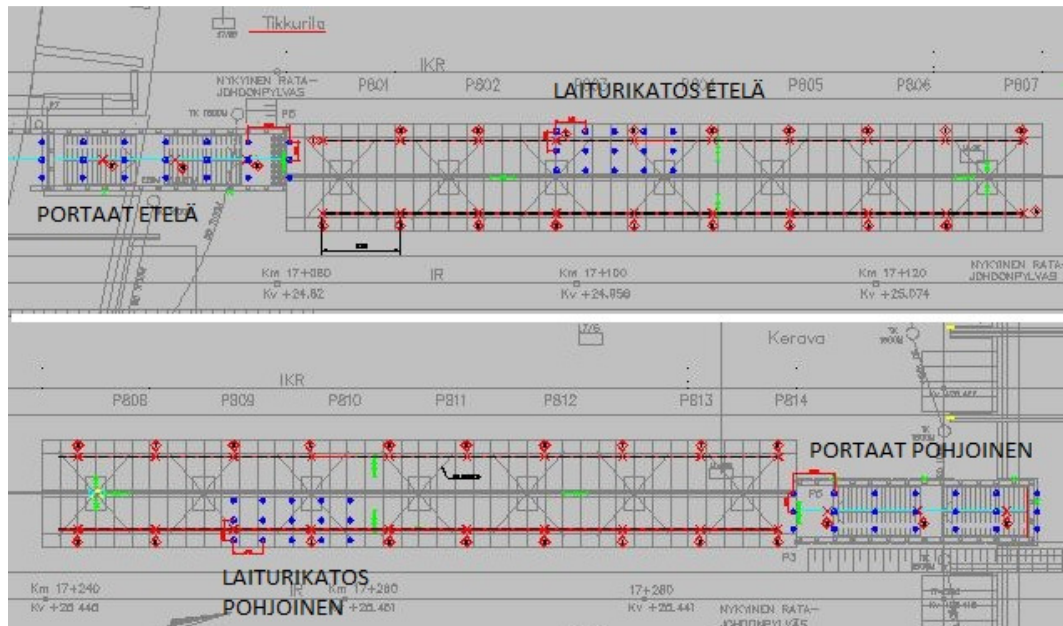
Hyvinkään rautatieasema luokitellaan keskisuureksi asemaksi. Taulukossa 1 (ks. s. 8) on esitetty portaiden keskimääräiseksi valaistusvoimakkuusvaatimukseksi (E_m hor) 50 luksia, yleistasaisuuden (U_o min/av) ollessa 0,5 ja tunnelin keskimääräiseksi valaistusvoimakkuusvaatimukseksi (E_m hor) 100 luksia, yleistasaisuuden (U_o min/av) ollessa 0,5. Taulukosta 5 huomataan mittaustuloksien täyttävän lähes kaikilta osin vaaditut arvot. Ainoastaan portaissa 3 yleistasaisuus jää vaaditun arvon alapuolelle, mutta tämä johtuu todennäköisesti mittavirheestä. Valaisimien likaantumista on vaikea arvioida, sillä mittauksiin on aiheuttanut mittavirhettä valon tulosuunnan kulmavirhe sekä ympäristön lämpötila. Valaisimet olivat silminnähden puhtaita. (Mittausraportit liitteet 1 ja 2.)

Taulukko 5. Hyvinkään mittaustulokset

Hyvinkää						
Mittauspaikka	Mittaus 1			Mittaus 2		
	E_m hor	U_o min/av	Valaisimien polttoaika	E_m hor	U_o min/av	Valaisimien polttoaika
Portaat 2	90	0,64	160 h	92	0,54	2 320 h
Portaat 3	120	0,48	160 h	118	0,18	2 320 h
Portaat 4	101	0,70	160 h	99	0,76	2 320 h
Tunneli	109	0,76	500 h	101	0,67	2 320 h

3.5.2 Hiekkaharjun rautatieaseman valaistusmittaukset

Hiekkaharjun rautatieaseman laiturikatoksien sekä portaiden valaistusmittaukset suoritettiin 18.11.2012 ja 25.3.2013. Kuvassa 3 (ks. seur. s.) esitetään mittauspaikat: portaat etelä, laiturikatos etelä, laiturikatos pohjoinen ja portaat pohjoinen sekä mittauspaikkojen mittauspisteverkot. Mittauspisteet on seuraavassa kuvassa merkitty sinisillä ympyröillä ja valaisimet punaisilla valaisinsymboleilla.



Kuva 3. Hiekkaharjun mittauspaiikat ja mittauspisteet

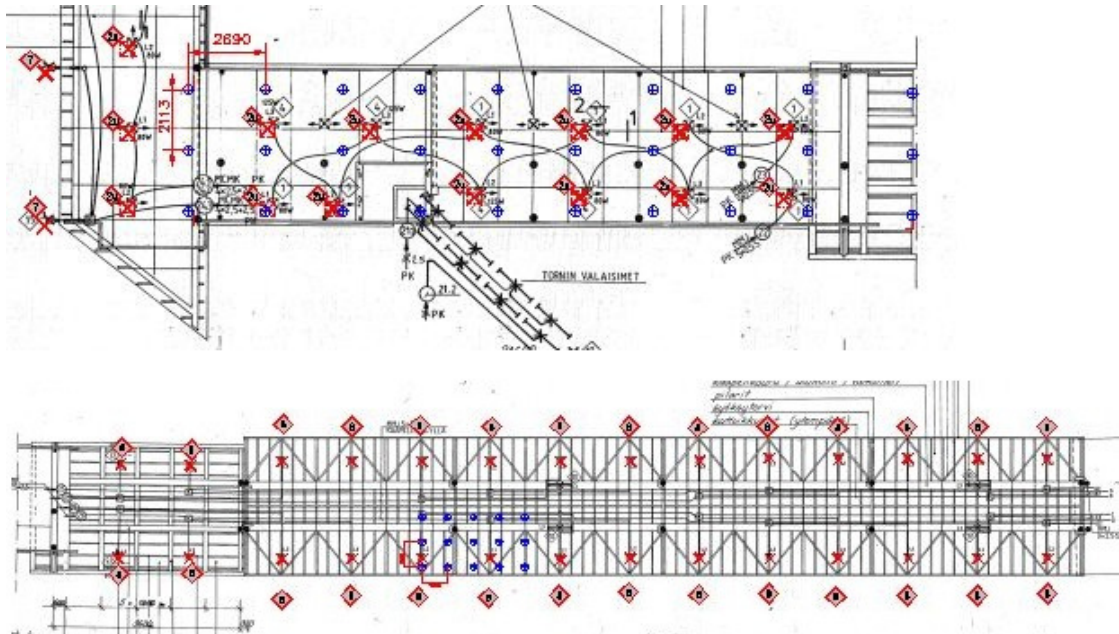
Hiekkaharjun rautatieasema luokitellaan keskisuureksi asemaksi. Taulukossa 1 (ks. s. 8) on esitetty portaiden sekä laiturikatosten keskimääräiseksi valaistusvoimakkuusvaatimukseksi (E_m hor) 50 luksia, yleistasaisuuden (U_o min/av) ollessa 0,5. Taulukosta 6 huomataan mittaustuloksien täyttävän lähes kaikilta osin vaaditut arvot. Eteläisten portaiden molemmissa mittauksissa ja pohjoisten portaiden toisessa mittauksessa yleistasaisuudet jäävät vaaditun tason alapuolelle. Pohjoisten portaiden yleistasaisuuden vaatimusten alitus selittyy mittaushetkellä portaiden yläpäästä puuttuneella valaisimella. Valaisimen puuttumisen huomaa myös keskimääräisen valaistusvoimakkuuden pienemisenä mittausten 1 ja 2 välillä. (Mittausraportit liitteet 3 ja 4.)

Taulukko 6. Hiekkaharjun mittaustulokset

Hiekkaharju				
Mittauspaikka	Mittaus 1		Mittaus 2	
	E_m hor	U_o min/av	E_m hor	U_o min/av
Portaat etelä	86	0,42	86	0,38
Laiturikatos etelä	64	0,50	60	0,45
Portaat pohjoinen	86	0,69	56	0,36
Laiturikatos pohjoinen	66	0,53	54	0,52

3.5.3 Tapanilan rautatieaseman valaistusmittaukset

Tapanilan rautatieaseman laiturikatoksen sekä eteläisten portaiden valaistusmittaukset suoritettiin 18.11.2012 ja 25.3.2013. Kuvassa 4 (ks. seur. s.) esitetään mittauspaiikat; portaat etelä, laiturikatos etelä, laiturikatos pohjoinen ja portaat pohjoinen, sekä mittauspaikkojen mittauspisteverkot. Mittauspisteet esitetään kuvassa sinisillä ympyröillä ja valaisimet punaisilla valaisinsymboleilla.



Kuva 4. Tapanilan rautatieaseman mittauspisteet, ylhäällä eteläiset portaat ja alhaalla laiturikatos

Tapanilan rautatieasema luokitellaan keskisuuksi asemaksi. Taulukossa 1 (ks. s. 8) on esitetty portaiden sekä laiturikatoksen keskimääräiseksi valaistusvoimakkuusvaatimukseksi (E_m hor) 50 luksia, yleistasaisuuden (U_0 min/av) ollessa 0,5. Taulukosta 7 (ks. seur. s.) huomataan keskimääräisten valaistusvoimakkuuksien ylittävän vaatimukset huomattavasti sekä portaissa että laiturikatoksessa. Portaiden molempien mittaus-ten yleistasaisuudet jäivät kuitenkin vaaditun arvon alapuolelle. (Mittausraportit liitteet 5 ja 6.)

Taulukko 7. Tapanilan rautatieaseman mittaustulokset

Tapanila				
Mittauspaikka	Mittaus 1		Mittaus 2	
	E _m hor	U _o min/av	E _m hor	U _o min/av
Portaat etelä	116	0,37	114	0,37
Laiturikatos	111	0,65	93	0,62

4 Huollon ja kunnossapidon tavoitteet

4.1 Huollon tehtävät

Huoltamalla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia tai palautetaan heikentynyt toimintakunto ennen vian syntymistä. Määrävälein tehtävään jaksotettuun huoltoon sisältyvät seuraavat toimet:

- puhdistus
- huoltaminen, huolto
- kuluvien osien vaihtaminen
- toimintakyvyn palauttaminen.

4.2 Kunnossapidon tehtävät

Kunnossapidon keinoin seurataan kohteen suorituskykyä. Tarkoituksena on vähentää vikaantumisen todennäköisyyttä tai toimintakyvyn heikkenemistä. Kunnossapito on säännöllistä, aikataulutettua tai jatkuvaa. Kunnossapitoon sisältyvät, muiden muassa

- tarkistaminen
- kunnonvalvonta

- määräystenmukaisuuden toteaminen
- testaaminen
- vikaantumistietojen analysointi. [Kunnossapito 2007: 49 - 51; ST 95.48 1998: 2 - 3.]

4.3 Valaistushuolto

Valaistushuollon tarkoituksena on huolehtia siitä, että valon määrä ja laatu pysyvät riittävinä ja että valaisinlaitteet pysyvät toimintakykyisinä. Valaistusvoimakkuudet pienenevät jatkuvasti, ellei valaistusasennukselle tehdä mitään. Valaistusvoimakkuuden pientymiseen vaikuttavat useat tekijät, kuten esimerkiksi lamppujen valovirran pieneminen, valaisimien likaantuminen ja ympäristön lämpötila. Näiden tekijöiden yhteisvaikutus voi ajan mittaan kehittyä hyvinkin suureksi. Säännöllisellä valaistushuollolla mahdollistetaan valaistustason säilyminen valaistuksen koko elinkaaren ajan rakennussuunnitelmassa mitoitettulla tasolla. [Ahponen ym. 1996: 271; ST 96.35 2003: 1.]

4.3.1 Lamppujen valovirran pieneminen

Lamppujen valovirta pienenee käyttöiän myötä. Lamppulaji vaikuttaa ratkaisevasti valovirran pienemisen nopeuteen ja suuruuteen. Jo valaistuksen suunnitteluvaiheessa täytyy huomioida käytettävän lampun valovirran aleneminen.

4.3.2 Lamppujen loppuunpalamisikä ja hyötypolttoikä

Kun valaistusasennuksen lampuista 15 - 20 % on palanut loppuun, lamppujen loppuun palaminen kiihtyy ja samalla myös valaistusvoimakkuus pienenee huomattavasti. Lamppujen 50 % loppuun palamisikä saavutetaan, kun puolet lampuista on palanut loppuun. Pitkäikäisten lamppujen valovirta saattaa ajan myötä laskea niin huomattavasti, että lamput on tarpeen vaihtaa ennen loppuun palamista. Tällöin lamppujen vaihtoajankohta tulisi valita hyötypolttoikänsä mukaan eli ottaa huomioon lamppujen kuolleisuuden ja valovirran aleneman yhteisvaikutus.

Hyötypolttoikä saavutetaan hetkellä, jolloin valaistusvoimakkuus on laskenut noin 30 % lamppujen valovirran aleneman ja kuolleisuuden vuoksi. Pitkäikäisillä lampuilla hyötypolttoikä on huomattavasti lyhyempi kuin loppuunpalamisikä. [Ahponen ym. 1996: 272 - 3273; ST 96.35 2003: 2.]

4.3.3 Valaisimien ja lamppujen likaantuminen

Lian kerääntyminen ja tarttuminen lamppujen pinnoille ja valaisimen valoa ohjaaville pinnoille absorboi valoa. Lika saattaa muuttaa myös valaisimen valonjakokäyrän muotoa. Likaantumisenopeus riippuu ympäristön likaisuusasteesta, lämpötilasta, valaisimen muodoista ja materiaaleista sekä valaisimen pölytiivyydestä.

Valitsemalla oikeantyyppinen valaisin ympäristöönsä nähden voidaan minimoida likaantumisen vaikutus valaistusvoimakkuuteen. Avoimet valaisimet likaantuvat nopeammin kuin suljetut valaisimet. Pölyisillä ja saasteisilla alueilla tulee käyttää pölynpitäviä (IP6X) tai pölysuojaisia (IP5X) valaisimia.

Valaisimien ja tarvittaessa lamppujen säännöllisellä puhdistamisella voidaan pienentää likaantumisen aiheutuvaa alueen valaistusvoimakkuuden alenemista. Asianmukaisen valaistushuollon ansiosta alueen tarvittava valaistusvoimakkuus voidaan saavuttaa pienemmillä lamppu- ja valaisinmäärillä. [Ahponen ym. 1996: 273 - 275; ST 96.35 2003: 2 - 3.]

4.3.4 Valaisimien kestävyys ja vanheneminen

Valaisimien antama valovirta alenee ajan mittaan valaistushuollosta huolimatta. Tähän vaikuttaa mm. valaisimen osissa käytetyt raaka-aineet. Valaisimien raaka-aineita valittaessa tulee ottaa huomioon niiden ominaisuudet, UV-säteily, ympäristön lämpötila sekä mahdolliset syövyttävät olosuhteet.

Valaisimien mekaaniseen kestävyyteen on kiinnitettävä huomiota. Ilkivallalle alttiilla alueilla valaisimet tulisi pyrkiä sijoittamaan mahdollisimman korkealle, mutta jos tämä ei onnistu, valaisimien rakenteiden tulisi olla tukevia ja iskunkestäviä. [Ahponen ym. 1996: 275; ST 96.35 2003: 4.]

4.3.5 Valaistuksen alenemakerroin

Valaistussuunnittelussa ja valaistuksen mitoituksessa käytetään alenemakerrointa, jolla otetaan huomioon valaistusvoimakkuutta alentavien tekijöiden vaikutus. Alenemakerroin voidaan jakaa tavallisesti kahteen osaan. Toinen osa ottaa huomioon lamppujen valovirran alenemisen ja toinen osa likaantumisen vaikutuksen.

4.3.6 Ympäristön lämpötila

Ympäristön lämpötilan poikkeaminen normaalista saattaa muuttaa valaistusvoimakkuutta päivittäin. Esimerkiksi loistelamput ovat erityisen herkkiä ympäristön lämpötilalle. Alhaiset lämpötilat nostavat ledin valontuottoa ja ledit sopivat näin ollen hyvin ulkovalaistukseen.

4.3.7 Led-valaistuksen vaihdettavuus ja huollettavuus

Ledien elinikä on pitkä hyvin suunnitellussa, asennetussa ja ylläpidetyssä sekä hyvillä, laadukkailla tuotteilla toteutetussa järjestelmässä. Monet led-valaisimien valmistajat mainostavat led-valaisimien olevan lähes huoltovapaita pitkä elinikänsä ansiosta. Ledien pitkä elinikä alentaa huollon ja kunnossapidon kustannuksia, mutta led-valaisimien huolto-ohjelmaan kuuluu myös valaisimien puhdistaminen ja rikkoutuneiden osien vaihto ja korjaustyö. Huollon ja kunnossapidon välien määrittely on merkittävä osa led-valaistuksen elinkaarilaskentaa.

Led-valaistuksen suunnittelussa on kiinnitettävä erityistä huomiota led-valaisimien tai led-moduulien asennuksen ja vaihdon yksinkertaisuuteen. Asennukseen ja vaihtoon on tarjottava riittävä ohjeistus, helpot työskentelyasennot ja mahdollisimman yksinkertaiset kiinnitysmekanismit, joiden tulee tukea valaistusjärjestelmän käyttöikä. Vaihdetavan led-moduulin tai led-valaisimen on oltava samankaltainen ominaisuuksiltaan ja mieluiten identtistä valmistuserää kuin edeltäjänsäkin. Eri valmistuserän tuotteissa saattaa olla poikkeavuuksia, esimerkiksi värierot ovat mahdollisia.

Led-valaisimien ja led-moduulien vaihdettavuuteen tuo haasteita mm. ledien fyysiset mitat, kiinnitystapa, lämmönhallinta, valopisteen koko ja fotometriset ominaisuudet. Kansainvälisen standardoinnin puuttuessa valonlähde-, valaisin- ja mm. liitäntälaittevalmistajat ovat perustaneet Zhaga -konsortion. Zhagan määrittelee rajapinnat led-

moduulin mitoille ja kiinnityspisteille, lämmönhallinnalle, sähköisille arvoille sekä fotometrisille arvoille. Zhaga ei ota kuitenkaan kantaa led-moduulien laatuun, luotettavuuteen, energiatehokkuuteen, turvallisuuteen, elinikään tai värien pysyvyyteen. Zhaga-sertifioitujen tuotteiden käyttö helpottaa led-moduulien huollettavuutta.

Led-valaistuksen huollettavuuteen vaikuttaa oleellisesti myös led-valaisimien liitäntälaitteet. Led-valaisimet tarvitsevat aina liitäntälaitteen, joka yksinkertaisimmillaan on vastus, joka rajoittaa virran sopivaksi. Liitäntälaitte voi olla erillinen tai valaisimeen liitetty. Taloudellisesti olisi kannattavaa pitää erillään led-valonlähteet ja liitäntälaitteet, koska ledien ja liitäntälaitteen elinikä voi olla hyvinkin erilainen. Valaistuksen elinkaaren aikana led-moduulien lisäksi myös liitäntälaitteet on huollettava sekä tarvittaessa myös vaihdettava. Liitäntälaitteella, sen kuormituksella ja lämpötilalla on suuri merkitys led-valaisimen luotettavuuteen. Liitäntälaitteille on saatavissa ennustettu elinikä tietyssä lämpötilassa. Liitäntälaitteidenkin kuten ledienkin elinikä puolittuu lämpötilan noustessa 10 astetta. Liitäntälaitteet sijoitetaan mahdollisimman etäälle led-moduulien lämmöstä varmistamaan niiden kestävyttä. [Ruberg & Klinge 2009: 46, ST 57.52 2008: 5 - 8.]

5 Valaistuksen huolto ja kunnossapito rautatiealueella

Asema-alueiden huollon ja kunnossapidon ongelmat aiheutuvat usein alueen eri kunnossapidosta vastaavien toimijoiden vastuulla olevien alueiden epäselvistä rajoista. Rajapintoihin muodostuu helposti huonosti hoidettuja alueita. Huolto- ja kunnossapitoalueiden rajoista tulisi sopia selkeästi sekä julkisten että yksityisten tilojen osalta. Kunnossapito tulisi toteuttaa niin hyvin, ettei käyttäjä havaitse kunnossapidon vastuualueen vaihtumista.

5.1 Valaistuksen huoltosuunnitelma

Valaistusasennuksen huolto tulisi ottaa huomioon jo valaistuksen suunnitteluvaiheessa. Ennakkosuunnitelmaan perustuvalla huollolla saavutetaan asetettujen vaatimusten mukainen tulos teknisesti ja taloudellisesti. Valaistushuoltoa suunniteltaessa on aluksi selvitettävä kohteen valaistusvoimakkuutta pienentävät tekijät sekä niiden vaikutuksen tärkeys alueen valaistusvoimakkuuden pienenemiseen.

Huoltosuunnitelmassa luetellaan tarvittavat huoltotoimet, niiden suoritusajankohdat ja suoritustavat. Yksityiskohtaisesta suunnitelmasta tulee käydä ilmi ainakin seuraavat asiat:

- valaistusasennuksen tuottaman valaistusvoimakkuuden ja asennuksen kunnon seuranta
- lamppujen ja tarvittaessa sytyttimien ohjeellinen vaihtoväli ja vaihtotapa
- valaisimien puhdistusjaksot
- rikkoutuneiden valaisinosien vaihto
- vaihtolamppujen ja varaosien tekniset tiedot
- puhdistusaineiden ja -välineiden tekniset. [Ahponen ym. 1996: 282 - 285; ST 96.36 2003: 1 - 3.]

5.2 Valaistuksen huoltotoimenpiteet

Jotta valaistus toimisi jatkuvasti suunnitellulla tavalla ja teholla, suoritetaan säännöllisin väliajoin tarkastuksia ja kunnossapitotehtäviä. Valaistuksen huoltotoimenpiteet sisältävät lampunvaihdot, valaisimien pesun, rikkoutuneiden komponenttien vaihdot ja suunnauksen tarkistuksen. Matkustaja-alueilla tulee tehdä valaistustarkastus kolme kertaa vuodessa. Huoltokierrosten ajankohdat ovat 15.7. - 15.8., 15.10 - 15.11. ja 15.1. - 15.2. Ensimmäisen huoltokierroksen aikana tulee tarkastaa ja säätää hämäräkytkimet taulukon 8 mukaisesti. Hämräkytkimien säätö on tärkeää, sillä näin voidaan välttää valaisimien turha polttaminen. Energiansäästön kannalta tämä on merkittävää. [Rautatiealueiden valaistusvaatimukset 2009: 12 - 13.]

Taulukko 8. Hämräkytkimien toiminta-arvot

Ohjattavat alueet	Päälle	Pois
Matkustaja-alueiden katokset ja katetut portaikot	75 lx	50 lx
Matkustaja-alueiden avo-osuudet ja avoimet portaikot	35 lx	25 lx
Muut valaistut alueet	25 lx	20 lx

5.2.1 Valonlähteiden ryhmävaihto

Valonlähteiden ryhmävaihto suoritetaan lampputyypistä riippuen 12 000 - 50 000 tunnin välein (ks. s. 8, taulukko 2). Vaihtotyöhön kuuluu myös pylväskohtaisen sulakkeen vaihto tarvittaessa ja/tai johdonsuoja-automaatin koestus sekä havaittujen viallisten kuristimien, sytyttimien, kondensaattoreiden ja liitäntälaitteiden korjaaminen. Ryhmävaihdon yhteydessä tarkastetaan myös pylväiden ja mastojen varustuksen kunto ja suoruus sekä tarvittaessa oikaistaan ne.

5.2.2 Valonlähteiden yksittäisvaihdot

Valaistusasennuksen alueella tulee suorittaa valonlähteiden yksittäisvaihto, jos asennuksen valaisimista 10 % on viallisia. Jos viallinen valaisin sijaitsee kriittisessä paikassa kuten esimerkiksi portaikossa tai tärkeällä kulkureitillä, yksittäisvaihto tulee suorittaa välittömästi vian havaitsemisen jälkeen. Lampunvaihdon yhteydessä vaihdetaan havaitut vialliset kuvut, kuristimet, sytyttimet, kondensaattorit ja liitäntälaitteet sekä pestään valaisin. Valonlähteiden yksittäisvaihdot kuuluvat huoltokierrosten aikana tehtäviin huoltotöihin. [Rautatiealueiden valaistusvaatimukset 2009: 12 - 13.]

5.2.3 Valonlähteiden ja valaisimien puhdistaminen

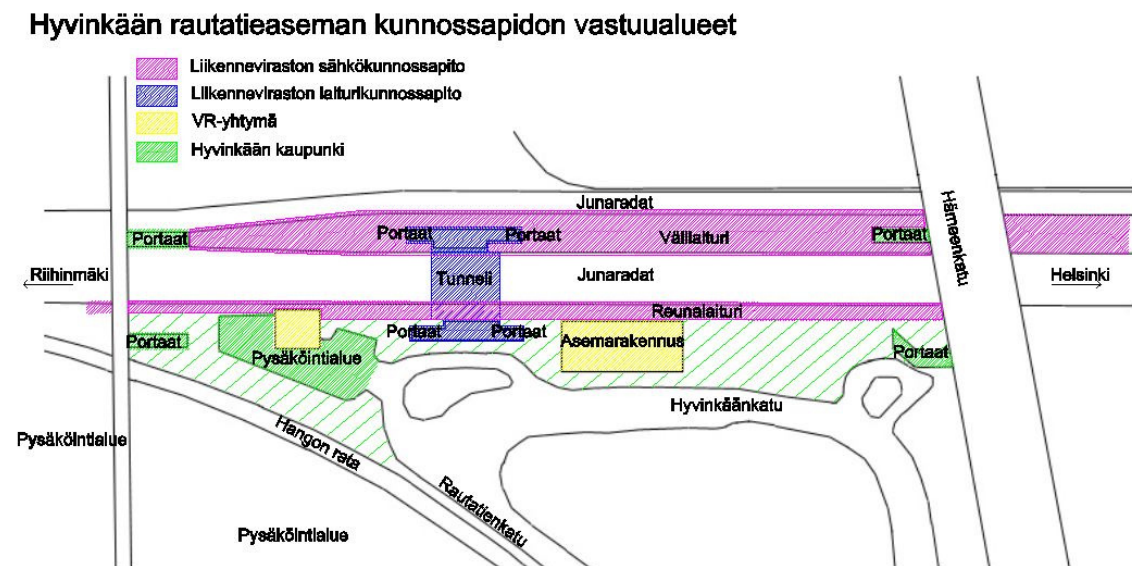
Säännöllisellä valaisimien ja valonlähteiden puhdistamisella pienennetään likaantumista aiheutuvaa valaistusasennusten valaistusvoimakkuuksien alenemista. Säännöllinen valaistusrakenteiden puhdistaminen säästää myös valaistusasennuksen perustamiskustannuksissa.

Puhdistus- ja huoltotöiden ajaksi valaisin on tehtävä jännitteettömäksi. Jos valaisimia on vaikea irrottaa, on puhdistus- ja huoltotyöt tehtävä paikan päällä. Valaisimien puhdistus tehdään valonlähteiden ryhmävaihdon yhteydessä. Led-valaisimet puhdistetaan viiden vuoden välein. [ST 96.36 2003: 2 - 3; Rautatiealueiden valaistusvaatimukset 2009: 12 - 13.]

5.3 Hyvinkään rautatieaseman valaistuksen huolto

Hyvinkään rautatieaseman alueen ja kiinteistöt omistavat Hyvinkään kaupunki, Liikennevirasto ja VR-yhtymä. Valaistuksen kunnossapidosta vastaavat useat toimijat. Avolaitureiden ja vaihdealueen valaistuksen kunnossapidosta vastaa Liikenneviraston sähkökunnossapito. Laiturikatoksien, tunnelin ja tunneliin johtavien portaiden valaistuksen kunnossapidosta vastaa Liikenneviraston laiturikunnossapito. VR-yhtymä vastaa asema-alueella olevien kiinteistöjen valaistus- ja sähkökunnossapidosta. Kävelyteiden, pysäköintialueiden sekä laiturialueilta silloille johtavien portaiden valaistuksen kunnossapidosta vastaa Hyvinkään kaupunki. Kuvassa 5 esitetään eri kunnossapitäjien vastuulla olevat alueet.

Kuva 5. Hyvinkään rautatieaseman kunnossapidon vastuualueet



Omistajatahojen ja kunnossapitäjien suuresta määrästä aiheutuu helposti epäselvyyksiä huoltovastuissa. Vastuualueiden rajapintoihin muodostuu herkästi huonosti hoidettuja alueita, jos huolto- ja kunnossapitorajoista ei sovita riittävän selkeästi.

Valaistuksen huollon ja kunnossapidon seurantaa helpottamaan laadittiin Hyvinkään rautatieaseman valaistuksesta huollon seurantataulukko. Taulukko auttaa kunnossapittäjiä hahmottamaan ja seuraamaan oman alueensa huollon ja kunnossapidon työtehtävien aikataulua.

Taulukossa esitetään 15 vuoden huoltoajat alueittain. Taulukkoon on myös listattuna valaisimet lampputyypeineen ja asennuspaikkoineen sekä valaisimien huoltovälit ja kulloinkin tehtävät huoltotoimenpiteet. Painamalla hiiren vasemmalla painikkeella valaisintyyppiä, avautuu valaisinvalmistajan huolto-ohje. Taulukossa 9 esitetään seurantataulukosta osa.

Taulukko 9. Hyvinkään rautatieaseman valaistuksen huollon seurantataulukon osio

HUOLLON SEURANTA								
Liikennepaikka								
Hyvinkää								
KÄYTTÖOHJE								
Suoritetaan tehtäväluettelon mukaiset toimenpiteet määritellyin huoltovälein. Tehdyn toimenpiteen tunnus, päivämäärä ja suorittajan (vastuuhenkilön) nimikirjaimet merkitään ko. toimenpiteen kohdalle.								
HK = huoltokierros HK 1 = 15.7. - 15.8. , HK 2 = 15.10. - 15.11. , HK 3 = 15.1. - 15.2.								
RY = ryhmävaihto								
PE = valaisimien pesu								
a/3 = 3 kertaa vuodessa								
4a = 4:n vuoden välein								
8a = 8:n vuoden välein								
5a = 5:n vuoden välein								
15a = 15:n vuoden välein								
				Liikenneviraston sähkökunnossapito				
				Liikenneviraston laiturikunnossapito				
				VR-yhtymä				
JÄRJESTELMÄ				HUOLTOAJAT				
				2013			2014	
Asennuspaikka	Valaisin ja asennustapa	Toimenpide		Toimenpide			Toimenpide	
		Tunnus	Huoltoväli	Tunnus	pvm. nimik.	Huom.	Tunnus	pvm. nimik. Huom.
Avolaituri	Pylväsvalaisimet	HK	a/3	HK 1			HK 1	
	42 x 8512 SON150 AC			HK 2			HK 2	
	24 pylvästä			HK 3			HK 3	
	1 sillassa	RY	4a	RY				
		PE	4a	PE				
Laiturikatos	Loisteputkivalaisimet kattoon asennettuna	HK	a/3	HK 1			HK 1	
	17 x Idman 7329-136			HK 2			HK 2	
	2 x Idman 7329-158			HK 3			HK 3	
		RY	8a	RY				
		PE	4a	PE				
Asemarakennus	Led-valaisimet seinäasennettuina	HK	a/3	HK 1			HK 1	
	2 x Lumilab LedGO 0.4PW 32W 307			HK 2			HK 2	
	2 x Lumilab LedGO 0.4PW 18W 307			HK 3			HK 3	
		RY	15a					
		PE	5a					
Portaat	Led-valaisimet katon kiskossa	HK	a/3	HK 1			HK 1	
	14 x Schreder CORUS 1xLED 16 27W/312721/350mA			HK 2			HK 2	
	10 x Schreder CORUS 2xLED 16 27W/312721/350mA			HK 3			HK 3	
		RY	15a					
		PE	5a					
Tunneli	Led-valaisimet kattoon upotettuina	HK	a/3	HK 1			HK 1	
	19 x AEC BOX1 1xLED 14W ST 4.3-9 850lm			HK 2			HK 2	
	10 x AEC BOX1 2xLED 28W 08 S 4.5-9 1050lm			HK 3			HK 3	
		RY	15a					
	6 x AEC BOX1 2xLED 28W 08 SP60 4.3-9							
		PE	5a					

6 Yhteenveto

Led-tekniikan kehitys on ollut todella nopeaa. Valotehokkuus on kaksinkertaistunut muutamassa vuodessa samaan aikaan, kun kustannukset ovat alentuneet merkittävästi. Todennäköisesti 100 lm/W valotehokkuudesta päästään parin vuoden sisällä 150 lm/W valotehokkuuteen. Led-tekniikan kehittämispotentiaali on valtava ja kehitystyötä tehdään jatkuvasti.

Led-valaisimien yleistymistä hidastaa vielä osaltaan niiden korkeampi hankintahinta verrattuna purkauslamppuvalaisimiin. Led-valaisimet ovat hyvin pitkäikäisiä, niiden valo on valkoista ja värintoisto ulkovalaistuskäyttöön hyvä. Led-tekniikka on teknisten ominaisuuksiensa puolesta varteenotettava vaihtoehto elohopealampun korvaajaksi pienemmän teholuokan kohteissa. Led-valaisimet kestävät hyvin tärinää ja mekaanista rasitusta ja soveltuvat myös tämän vuoksi hyvin rautatiealueen valaistukseen.

Valaistuksen päätehtävä on taata alueen turvallinen käyttö pimeään aikaan. Valaistus lisää sekä henkilöiden että omaisuuden turvaa luoden samalla viihtyvyyttä ja turvallisuuden tunnetta. Huolellisen suunnittelun ja valaistuksen ohjauksen avulla valaistuksen laatua parannetaan siten, että se johtaa tarpeenmukaiseen valaistuksen käyttöön vähentäen samalla energiankulutusta ja parantaen kustannustehokkuutta. Valaistustason tulee säilyä vähintään suunnittelussa mitoitetulla tasolla koko elinkaaren ajan. Tämän saavuttaminen edellyttää säännöllistä ja suunnitelmallista valaistushuoltoa. Suunnittelija määrittää huoltojaksojen pituuden ja käyttää valaistuskalkelmissaan alenemakerrointa, joka korjaa huoltojakson aikana tapahtuvan lampujen valotehon hiipumisen ja valaisimien likaantumisen aiheuttaman valaistustason pudotuksen.

Led-valaisimien elinikä riippuu valaisimen rakenteesta, liitäntälaitteesta ja jäähdytysjärjestelmästä. Koska käyttöikä on erittäin pitkä, myös huoltokustannukset pysyvät alhaisella tasolla. Led-valaisimille ei ole ollut yhtenäistä huolto-ohjetta, vaan valaisimien huolto tulee tehdä suunnittelijan ohjeiden sekä valaisinvalmistajien ohjeiden mukaisesti.

Mittaamalla säännöllisesti Hiekkaharjun, Hyvinkään ja Tapanilan liikennepaikkojen valaistusasennusten valaistustasoja lähivuosien aikana, saadaan arvokasta tietoa liikennepaikoille asennettujen led-valaisimien valovirran alenemisesta ja likaantumisesta käyttöolosuhteissa. Näiden tietojen pohjalta led-valaistuksen huollon ja kunnossapidon

ohjeita voidaan kehittää yksityiskohtaisemmiksi. Hyvinkään rautatieaseman lisäksi myös muille Liikenneviraston saneeraamille liikennepaikoille tehdään valaistuksen huollon seurantataulukot helpottamaan kunnossapitäjien huollon ja kunnossapidon aikataulun seurantaa.

Lähteet

Ahponen, V., Kasurinen E. & Timonen T. 1996. Valaistuksen laskenta, mittaukset ja huolto. Valaistustekniikka-sarja osa 1. Espoo: Sähköinfo Oy.

Halldèn, Boel. 2011. Ljusreglering av färgtemperatur på vita LED. Ljuskultur 1/2011, s. 24 - 29.

Howard, B.C., Brinsky, W.J. & Leitman S. Green Lighting: how energy-efficient lighting can save you money and reduce your carbon footprint. 2011. New York: McGraw-Hill.

Jahkonen, Jaana. 2011. Tunnista laadukas LED-valaisin. Plaani 3/2011, s. 18 - 19.

Kallasjoki, Tapio. 2012. Valoakatemia: Sisävalaistus -luentomateriaali. Kevät 2013.

Kallasjoki, Tapio. 2010. Valaistustekniikan perusteita -luentomateriaali. Syksy 2011.

Kallasjoki, Tapio. 2011. Energiatehokas valaistus -luentomateriaali. Syksy 2011.

Kletschke, A. LED: The Light of the Future. Frankfurt: Licht.de.

Kunnossapito. Kunnossapidon julkaisusarja, n:o 10. 2007. Helsinki: KP-Media Oy.

Lenk, R. & Lenk, C. Practical Lighting Design with LEDs. 2011. Hoboken, New Jersey : Wiley-IEEE Press.

Mottier, P. (Edited) LEDs for Lighting Applications. 2009. London : ISTE ; Hoboken, NJ : Wiley.

Rautatiealueen valaistusvaatimukset. 2009. Ohje, Dnro 4/040/2009. Ratahallintokeskus. Verkkodokumentti
<http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk_rautatiealueen_valaistusvaatimukset.pdf>. Luettu 5.6.2012.

Rudberg, Allan & Klinge, Christian. 2009. Framtidens vägbelysning. Ljuskultur 6/2009, s.42 - 46.

ST 57.52 Led-valaistusjärjestelmät. 2008. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 58.07 Valaistuksen laatu, arviointi ja mittaus. 2005. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 58.09 Ulkovalaistus. 2003. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 96.35 Valaistushuolto. 2003. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 96.36 Valaistushuollon toimenpiteet. 2003. Espoo: Sähköinfo Oy.

Technical Report. Maintenance of Outdoor Lighting Systems. CIE 154:2003. 2003. CIE.

Tetri, Eino. 2010. Mitä ledi on ja mitkä ovat sen edut ja haitat? Verkkodokumentti <http://www.valosto.com/tiedostot/Kohti_valoa_Tetri.pdf>. Luettu 20.11.2012.

Tetri, E., Raunio, J. & Halonen, L. 2011. Lamppuopas. Opas hehkulamppujen korvaamiseksi. Aalto-yliopisto, Sähkötekniikan korkeakoulu, Valaistusyksikkö. Verkkodokumentti <<http://lightinglab.fi/ekovalo/News/lamppuopas.pdf>>. Luettu 15.8.2012.

Valaistuksen mittaaminen ja arvosteleminen. 1978. Espoo: Suomen Valoteknillinen Seura r.y.

Värt at veta om LED. 2009. Ljuskultur.

Hiekkaharjun rautatieaseman valaistuksen valaistusvoimakkuusmittaus 1**Raportti**

Matleena Sirkiä

18.11.2012

Hiekkaharjun rautatieaseman laiturikatoksien sekä portaiden valaistusmittaukset

Aika 18.11.2012 klo 21.00–22.35

Paikka Hiekkaharjun rautatieasema

Mittausolosuhteet

Mittausten suoritusten aikaan satoi vettä ja tuuli oli melko voimakas. Laiturikatoksen mittauspisteet olivat märkiä ja portaidenkin mittauspisteet olivat kosteita. Ilman lämpötila oli n. 2 °C.

Mittausten suoritusten aikana kaikki valaisimet paloivat normaalisti ja valaisimet olivat silminnähden puhtaita.

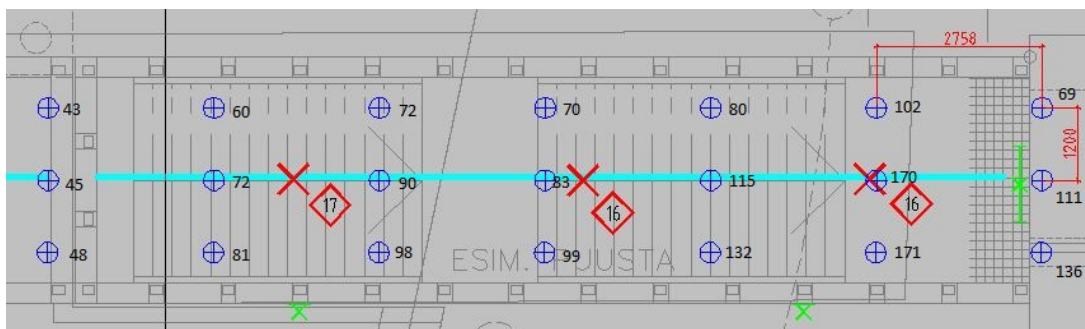
Mittauspaikka ja mittauspisteet

Valaistusvoimakkuus mitattiin rakenteiden lattiapintojen tasalta. Mittarina käytettiin Hagner EC1-X, instr. No: 52 500 -luksimittaria. Mittari on kalibroitu 5.9.2012.

Mittastulokset

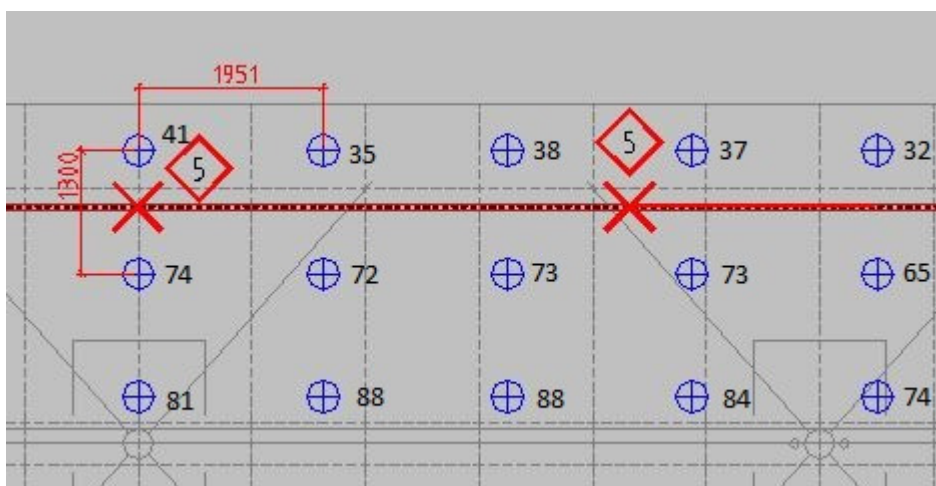
Mittauspisteverkot on esitetty kuvissa 1, 2, 3 ja 4.

Etelän puoleisten portaiden (kuva 1) valaistusvoimakkuuden keskiarvoksi saatiin 86 luksia ja minimivalaistusvoimakkuus oli 36 luksia. Valaistuksen yleistasaisuus (min/ka) oli 0,42.



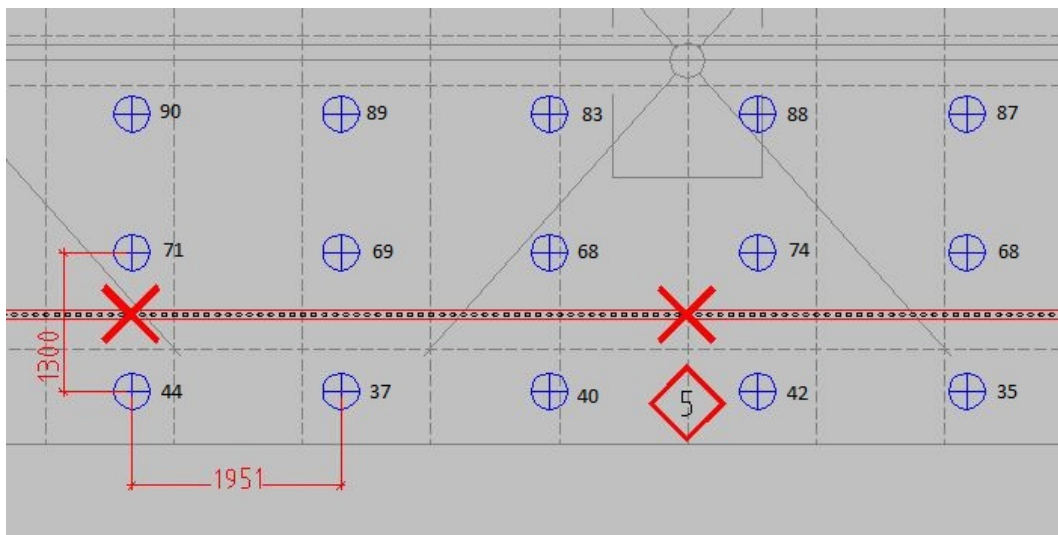
Kuva 1. Etelän puoleisten portaiden mittauspisteet ja mittaustulokset.

Etelän puoleisen laiturikatoksen (kuva 2) valaistusvoimakkuuden keskiarvoksi saatiin 64 luksia ja minimivalaistusvoimakkuus oli 32 luksia. Valaistuksen yleistasaisuus (min/ka) oli 0,50.



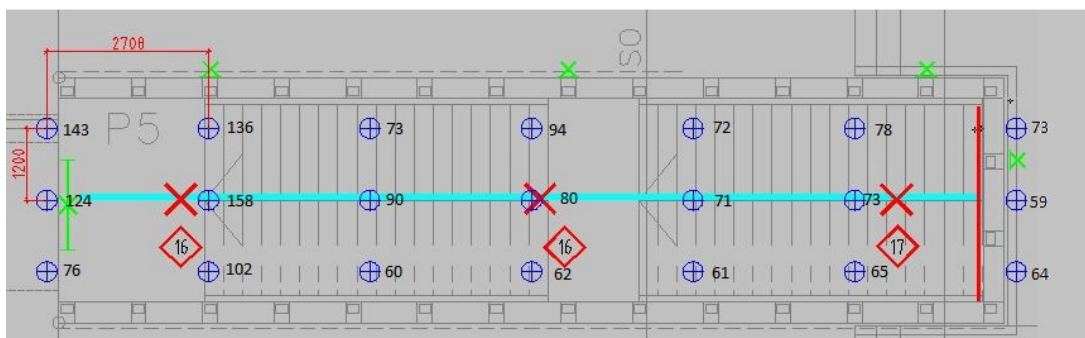
Kuva 2. Etelän puoleisen laiturikatoksen mittauspisteet ja mittaustulokset.

Pohjoisen puoleisen laiturikatoksen (kuva 3) valaistusvoimakkuuden keskiarvoksi saatiin 66 luksia ja minimivalaistusvoimakkuus oli 35 luksia. Valaistuksen yleistasaisuus (min/ka) oli 0,53.



Kuva 3. Pohjoisen puoleisen laiturikatoksen mittauspisteet ja mittaustulokset.

Pohjoisen puoleisten portaiden valaistusvoimakkuuden keskiarvoksi saatiin 86 luksia ja minimivalaistusvoimakkuus oli 59 luksia. Valaistuksen yleistasaisuus (min/ka) oli 0,69.



Kuva 4. Pohjoisen puoleisten portaiden mittauspisteet ja mittaustulokset.

Hiekkaharjun rautatieaseman valaistuksen valaistusvoimakkuusmittaus 2**Raportti**

Matleena Sirkiä

25.3.2013

Hiekkaharjun rautatieaseman laiturikatoksien sekä portaiden valaistusmittaukset

Aika 25.3.2013 klo 19.40–20.25

Paikka Hiekkaharjun rautatieasema

Mittausolosuhteet

Mittausten suoritusten aikaan ilma oli kirkas ja selkeä. Laiturikatoksen mittauspisteet olivat märkiä ja portaidenkin mittauspisteet olivat kosteita. Ilman lämpötila oli n. 0 °C.

Mittausten suoritusten aikana valaisimet paloivat normaalisti ja valaisimet olivat silminnähten puhtaita. Pohjoisen puoleisien portaiden yläpäästä puuttui yksi valaisin. Valaisimen puuttumisen huomasi silmämääräisestikin valaistustason pienenemisenä ja myös mittaustuloksista.

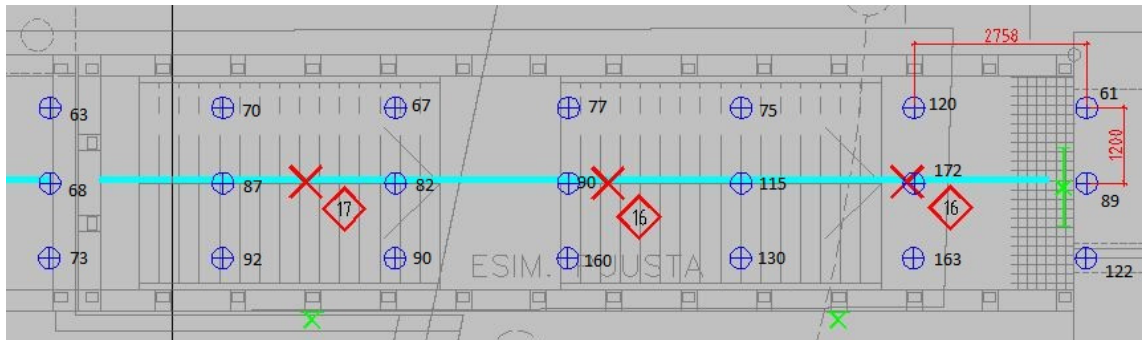
Mittauspaikka ja mittauspisteet

Valaistusvoimakkuus mitattiin rakenteiden lattiapintojen tasalta. Mittarina käytettiin Hagner EC1-X, instr. No: 52 500 -luksimittaria. Mittari on kalibroitu 5.9.2012.

Mittaustulokset

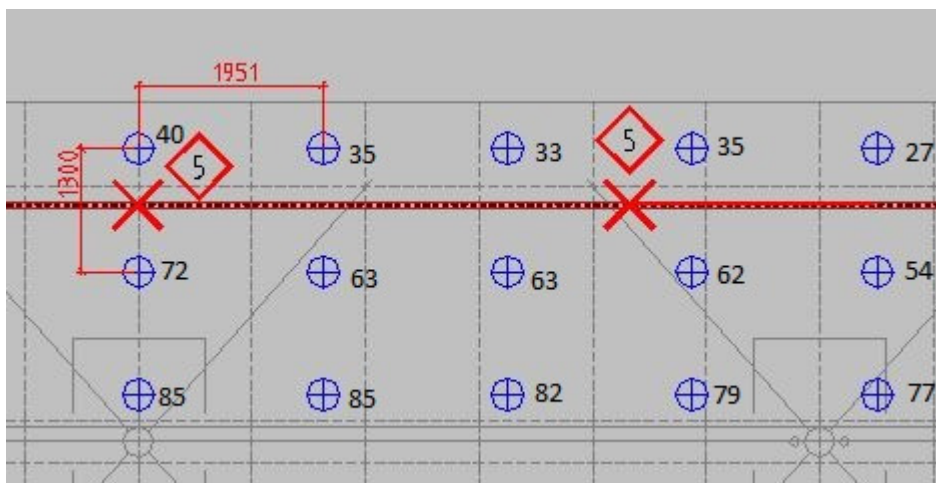
Mittauspisteverkot on esitetty kuvissa 1 ,2, 3 ja 4.

Etelän puoleisten portaiden (kuva 1) valaistusvoimakkuuden keskiarvoksi saatiin 86 luksia ja minimivalaistusvoimakkuus oli 33 luksia. Valaistuksen yleistasaisuus (min/ka) oli 0,38.



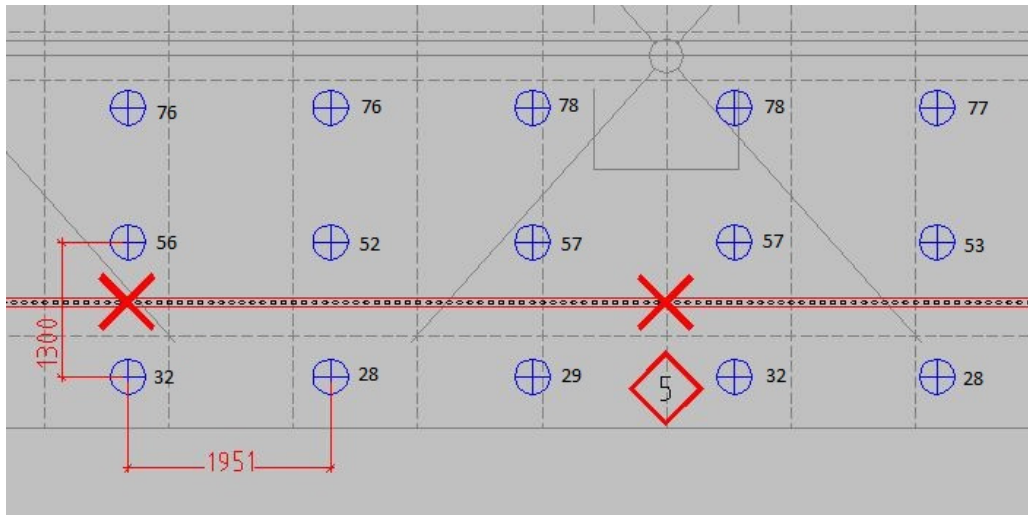
Kuva 1. Etelän puoleisten portaiden mittauspisteet ja mittaustulokset.

Etelän puoleisen laiturikatoksen (kuva 2) valaistusvoimakkuuden keskiarvoksi saatiin 60 luksia ja minimivalaistusvoimakkuus oli 27 luksia. Valaistuksen yleistasaisuus (min/ka) oli 0,45.



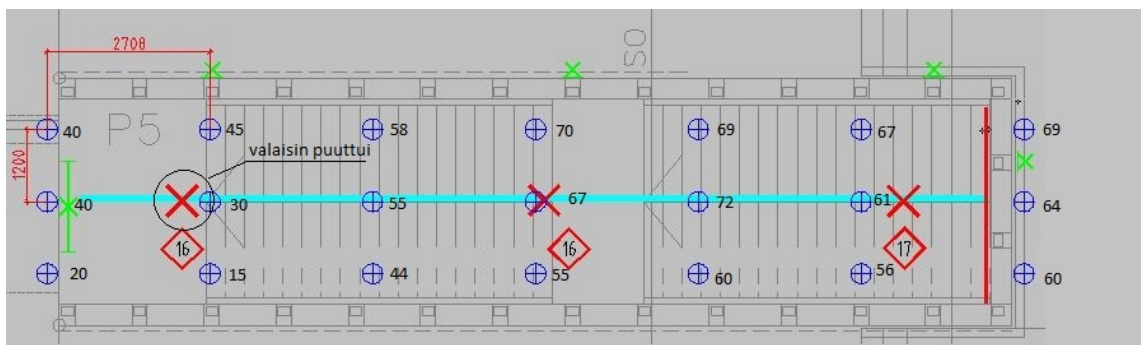
Kuva 2. Etelän puoleisen laiturikatoksen mittauspisteet ja mittaustulokset.

Pohjoisen puoleisen laiturikatoksen (kuva 3) valaistusvoimakkuuden keskiarvoksi saatiin 54 luksia ja minimivalaistusvoimakkuus oli 28 luksia. Valaistuksen yleistasaisuus (min/ka) oli 0,52.



Kuva 3. Pohjoisen puoleisen laiturikatoksen mittauspisteet ja mittaustulokset.

Pohjoisen puoleisten portaiden valaistusvoimakkuuden keskiarvoksi saatiin 56 luksia ja minimivalaistusvoimakkuus oli 15 luksia. Valaistuksen yleistasaisuus (min/ka) oli 0,36.



Kuva 4. Pohjoisen puoleisten portaiden mittauspisteet ja mittaustulokset.

Hyvinkään rautatieaseman valaistuksen valaistusvoimakkuusmittaus 1



Raportti

Matleena Sirkiä

11.11.2012

Hyvinkään rautatieaseman tunnelin sekä portaiden valaistusmittaukset

Aika 11.11.2012 klo 21.25–22.15

Paikka Hyvinkään rautatieasema

Mittausolosuhteet

Mittausten suoritusten aikaan vettä satoi tihuttamalla etelästä päin. Portaiden 2 ja 4 kulkuaukot ovat etelään päin ja ainakin portaiden yläpäissä mittauspisteisiin satoi vettä. Tunneli sekä portaat 3 olivat mittaushetkellä kosteat.

Valaisimet olivat asennettu paikoilleen 2.11.2012. Portaiden valaisimien polttoaika mittaushetkellä oli n.160 tuntia ja tunnelin valaisimien n. 500 tuntia. Mittausten suoritusten aikana kaikki valaisimet olivat päällä täydellä teholla ja valaisimet olivat silminnähden puhtaita.

Mittauspaikka ja mittauspisteet

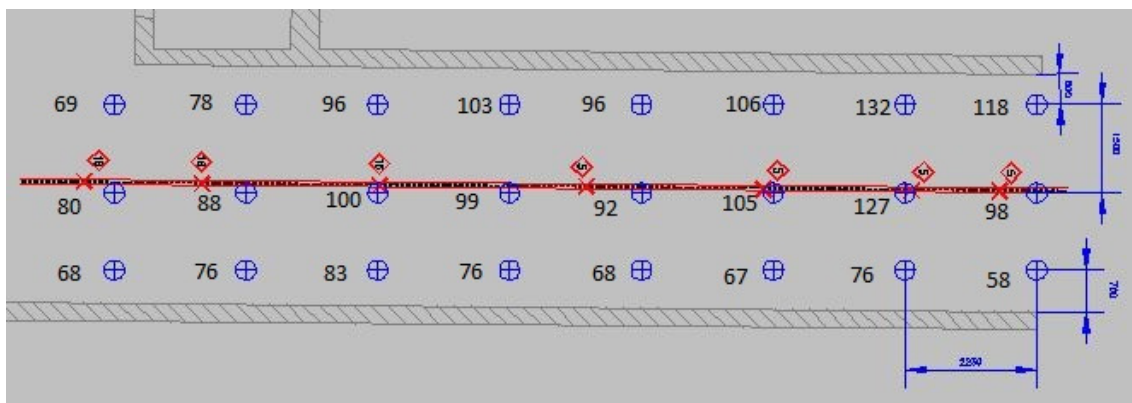
Valaistusvoimakkuus mitattiin rakenteiden lattiapintojen tasalta. Mittarina käytettiin Hagner EC1-X, instr. No: 52 500 -luksimittaria. Mittari on kalibroitu 5.9.2012.

Mittauspisteverkot on esitetty kuvissa 1, 2, 3 ja 4. Portaita 1 ei mitattu, sillä portaat 3 ovat rakenteeltaan sekä valaisimiltaan identtiset.

Mittaustulokset

Portaat 2

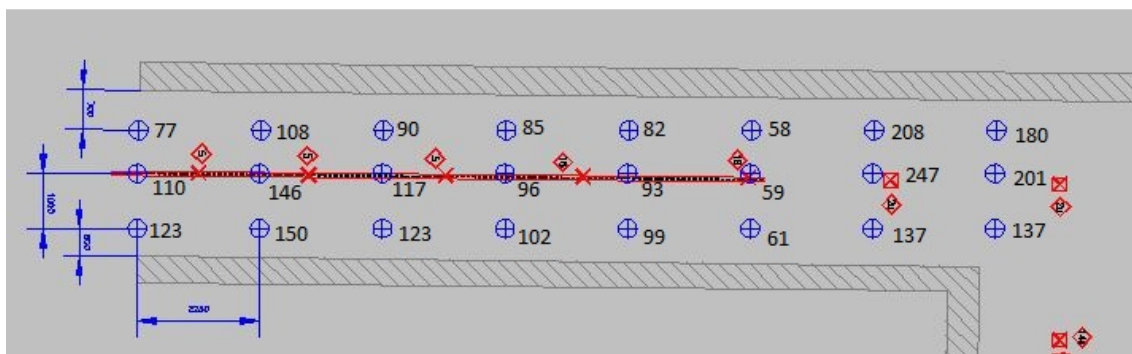
Valaistusvoimakkuuden keskiarvoksi saatiin 90 luksia ja minivalaistusvoimakkuus oli 58 luksia. Valaistuksen yleistasaisuus (min/ka) oli 0,65.



Kuva 1. Portaiden 2 mittauspisteet ja tulokset.

Portaat 3

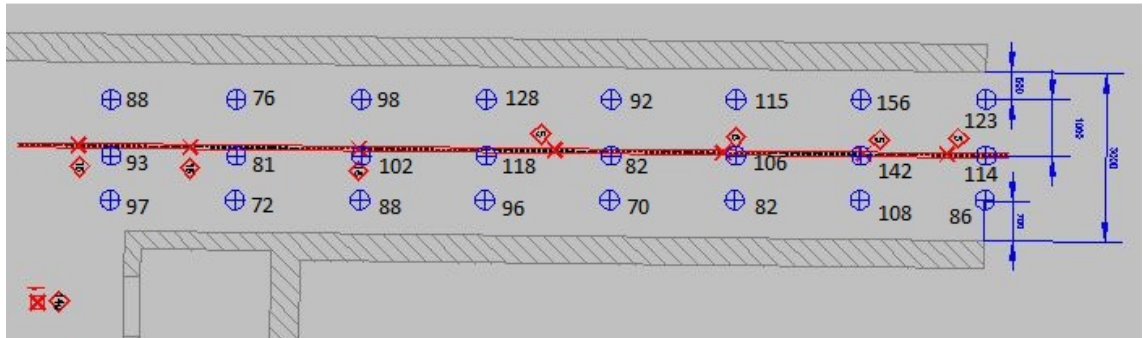
Valaistusvoimakkuuden keskiarvoksi saatiin 120 luksia ja minivalaistusvoimakkuus oli 58 luksia. Valaistuksen yleistasaisuus (min/ka) oli 0,48.



Kuva 2. Portaiden 3 mittauspisteet ja tulokset.

Portaat 4

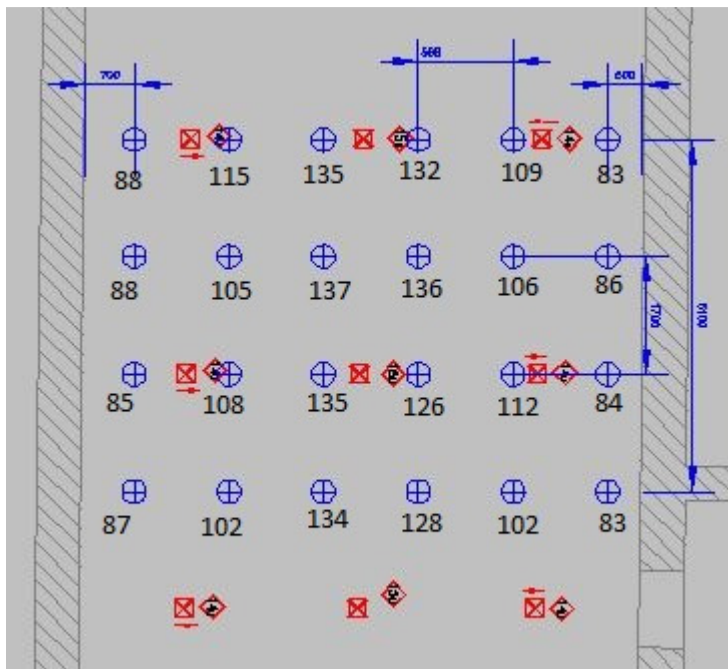
Valaistusvoimakkuuden keskiarvoksi saatiin 101 luksia ja minivalaistusvoimakkuus oli 70 luksia. Valaistuksen yleistasaisuus (min/ka) oli 0,70.



Kuva 3. Portaiden 4 mittauspisteet ja tulokset.

Tunneli

Valaistusvoimakkuuden keskiarvoksi saatiin 109 luksia ja minivalaistusvoimakkuus oli 83 luksia. Valaistuksen yleistasaisuus (min/ka) oli 0,76.



Kuva 4. Tunnelin mittauspisteet ja tulokset.

Hyvinkään rautatieaseman valaistuksen valaistusvoimakkuusmittaus 2



Raportti

Matleena Sirkiä

24.3.2013

Hyvinkään rautatieaseman tunnelin sekä portaiden valaistusmittaukset

Aika 24.3.2013 klo 20.40–21.45

Paikka Hyvinkään rautatieasema

Mittausolosuhteet

Mittausten suoritusten aikaan sää oli selkeä. Ilman lämpötila oli noin 0 °C. Portaat 3 olivat mittaushetkellä jäiset/märät.

Portaiden ja tunnelin valaisimien polttoaika mittaushetkellä oli n. 2320 tuntia. Mittausten suoritusten aikana kaikki valaisimet olivat päällä täydellä teholla ja valaisimet olivat silminnähden puhtaita.

Mittauspaikka ja mittauspisteet

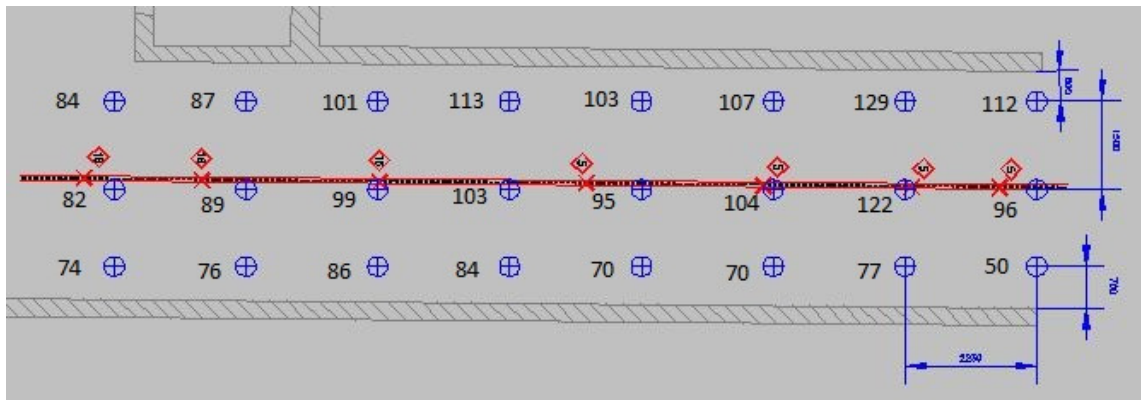
Valaistusvoimakkuus mitattiin rakenteiden lattiapintojen tasalta. Mittarina käytettiin Hagner EC1-X, instr. No: 52 500 -luksimittaria. Mittari on kalibroitu 5.9.2012.

Mittauspisteverkot on esitetty kuvissa 1, 2, 3 ja 4. Portaita 1 ei mitattu, sillä portaat 3 ovat rakenteeltaan sekä valaisimiltaan identtiset.

Mittaustulokset

Portaat 2

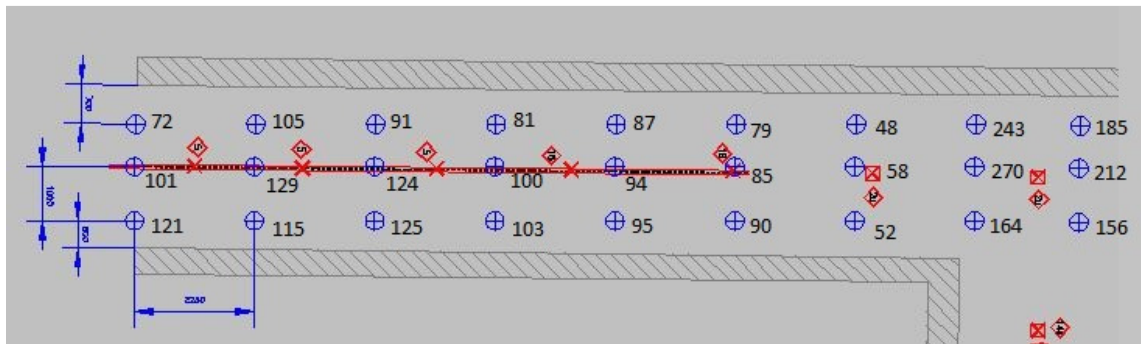
Valaistusvoimakkuuden keskiarvoksi saatiin 92 luksia ja minivalaistusvoimakkuus oli 50 luksia. Valaistuksen yleistasaisuus (min/ka) oli 0,54.



Kuva 1. Portaiden 2 mittauspisteet ja tulokset.

Portaat 3

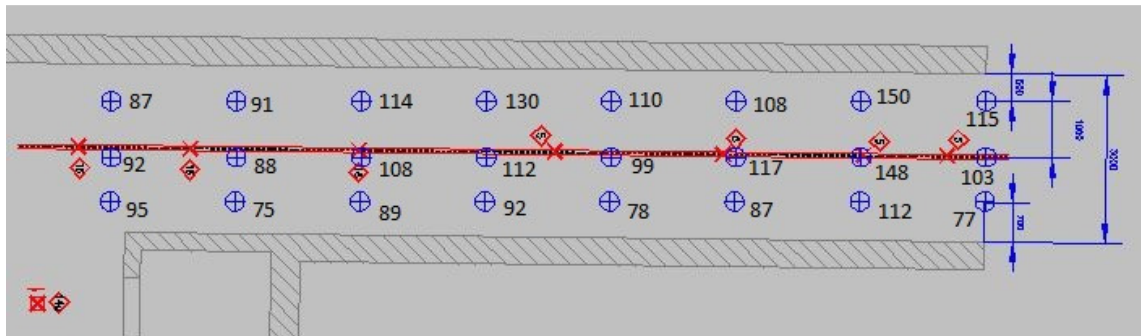
Valaistusvoimakkuuden keskiarvoksi saatiin 118 luksia ja minivalaistusvoimakkuus oli 48 luksia. Valaistuksen yleistasaisuus (min/ka) oli 0,18.



Kuva 2. Portaiden 3 mittauspisteet ja tulokset.

Portaat 4

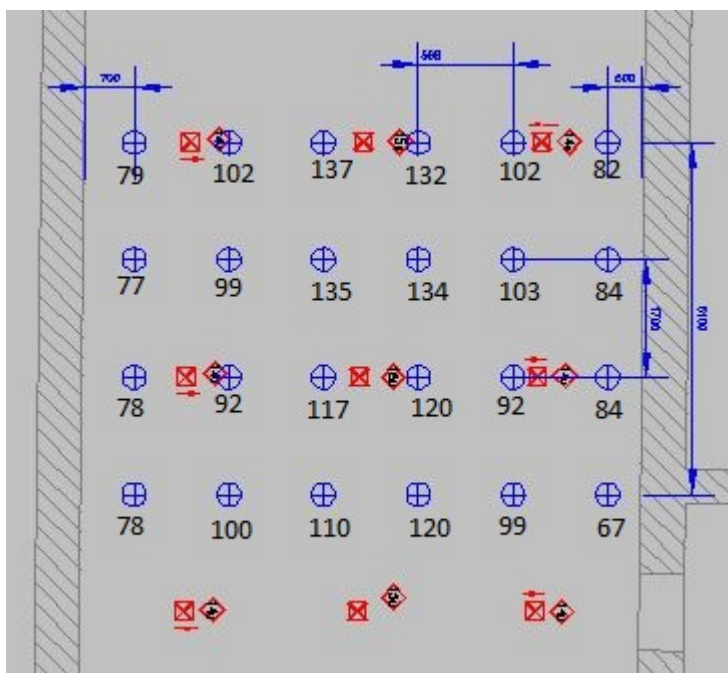
Valaistusvoimakkuuden keskiarvoksi saatiin 99 luksia ja minivalaistusvoimakkuus oli 75 luksia. Valaistuksen yleistasaisuus (min/ka) oli 0,76.



Kuva 3. Portaiden 4 mittauspisteet ja tulokset.

Tunneli

Valaistusvoimakkuuden keskiarvoksi saatiin 101 luksia ja minivalaistusvoimakkuus oli 67 luksia. Valaistuksen yleistasaisuus (min/ka) oli 0,67.



Kuva 4. Tunnelin mittauspisteet ja tulokset.

Tapanilan rautatieaseman valaistuksen valaistusvoimakkuusmittaus 1**Raportti**

Matleena Sirkiä

18.11.2012

Tapanilan rautatieaseman laiturikatoksen sekä eteläisten portaiden valaistusmittaukset

Aika 18.11.2012 klo 23.05–23.35

Paikka Tapanilan rautatieasema

Mittausolosuhteet

Mittausten suoritusten aikaan satoi vettä. Laiturikatoksen mittauspisteet olivat märkiä mutta portaiden mittauspisteet olivat kuivia. Ilman lämpötila oli n. 3 °C.

Mittausten suoritusten aikana kaikki valaisimet paloivat normaalisti ja valaisimet olivat silminnähden puhtaita.

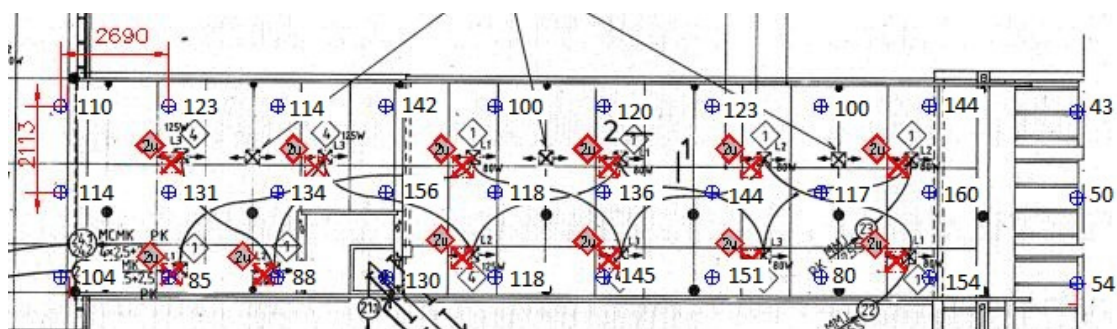
Mittauspaikka ja mittauspisteet

Valaistusvoimakkuus mitattiin rakenteiden lattiapintojen tasalta. Mittarina käytettiin Hagner EC1-X, instr. No: 52 500 -luksimittaria. Mittari on kalibroitu 5.9.2012.

Mittauspisteverkot on esitetty kuvissa 1 ja 2.

Mittaustulokset

Portaiden valaistusvoimakkuuden keskiarvoksi saatiin 116 luksia ja minimivalaistusvoimakkuus oli 43 luksia. Valaistuksen yleistasaisuus (min/ka) oli 0,37.



Tapanilan rautatieaseman valaistuksen valaistusvoimakkuusmittaus 2**Raportti**

Matleena Sirkiä

25.3.2013

Tapanilan rautatieaseman laiturikatoksen sekä eteläisten portaiden valaistusmittaukset

Aika 25.3.2013 klo 20.40–21.00

Paikka Tapanilan rautatieasema

Mittausolosuhteet

Mittausten suoritusten aikaan ilma oli kirkas ja selkeä. Laiturikatoksen mittauspisteet olivat märkiä mutta portaiden mittauspisteet olivat kuivia. Ilman lämpötila oli n. 0 °C.

Mittausten suoritusten aikana kaikki valaisimet paloivat normaalisti ja valaisimet olivat silminnähden puhtaita.

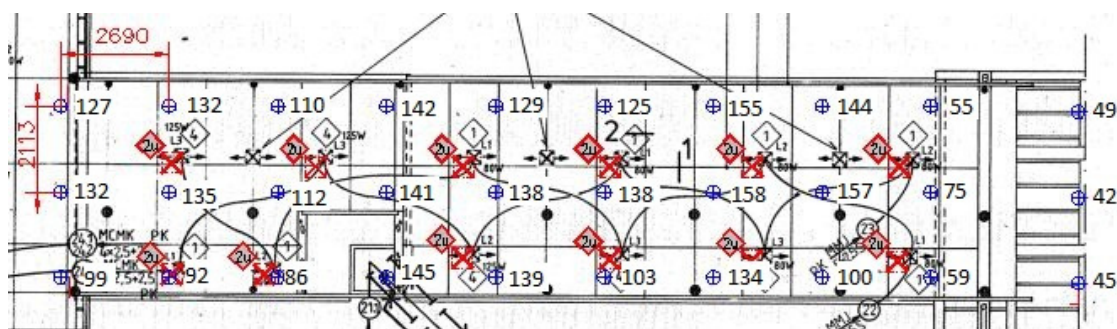
Mittauspaikka ja mittauspisteet

Valaistusvoimakkuus mitattiin rakenteiden lattiapintojen tasalta. Mittarina käytettiin Hagner EC1-X, instr. No: 52 500 -luksimittaria. Mittari on kalibroitu 5.9.2012.

Mittauspisteverkot on esitetty kuvissa 1 ja 2.

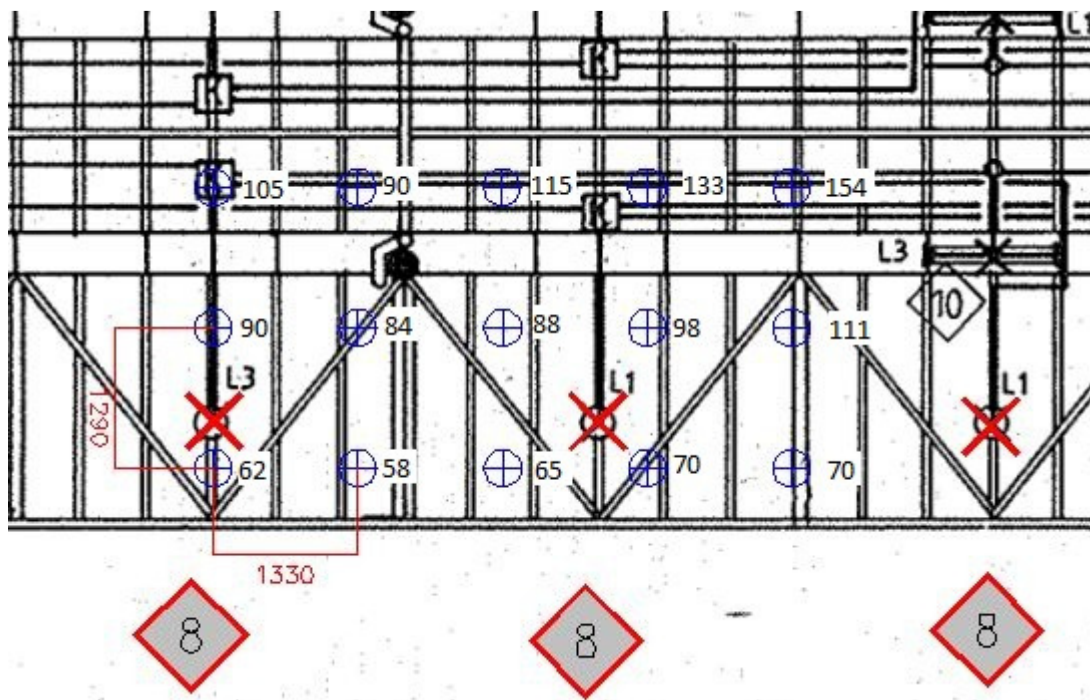
Mittaustulokset

Portaiden valaistusvoimakkuuden keskiarvoksi saatiin 114 luksia ja minimivalaistusvoimakkuus oli 42 luksia. Valaistuksen yleistasaisuus (min/ka) oli 0,37.



Kuva 1. Portaiden mittaustulokset.

Laiturikatoksen valaistusvoimakkuuden keskiarvoksi saatiin 93 luksia ja minimivalaistusvoimakkuus oli 58 luksia. Valaistuksen yleistasaisuus (min/ka) oli 0,63.



Kuva 2. Eteläisen laiturikatoksen mittaustulokset.